

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی

مدیریت تولید در کشت فلفل

نگارندگان:

امیر هوشنگ جلالی

پیمان جعفری

زهرا عباسی

محمد رضا ایمانی

۱۳۹۹



مدیریت تولید در کشت فلفل

نگارندگان: امیر هوشنگ جلالی، پیمان جعفری، زهرا عباسی، محمدرضا ایمانی
ویراستاران: کریم عرب سلمانی، رامین حاجیانفر، زهرا رودباری
ناظر فنی: کیومرث کاشی
ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۵۲۸۷-۹-۲
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
چاپ اول: ۱۳۹۹
قیمت:

مسئولیت درستی مطالب کتاب با نگارندگان است

این کتاب تحت شماره مورخ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: کرج جاده محمدشهر - انتهای خیابان شهید همت - موسسه تحقیقات علوم باغبانی

تلفن ۰۲۶-۳۶۷۰۵۰۶۲، دورنگار ۰۲۶-۳۶۷۰۰۸۹۵، www.hsri.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول.....	۱
۱- تاریخچه و ویژگی های مورفو فیزیولوژیک	۲
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- تولید فلفل در ایران و جهان	۳
۳-۱- ویژگی های گیاهی و انواع فلفل	۶
۴-۱- تندی و طعم فلفل	۱۸
۵-۱- ویژگی های آنتی اکسیدانی فلفل	۲۲
۱-۵-۱- عوامل موثر بر ویژگی های آنتی اکسیدانی.....	۲۳
۱-۵-۱-۱- رقم زراعی	۲۴
۱-۵-۱-۲- تغذیه	۲۴
۱-۵-۱-۳- پیوند	۲۵
۱-۵-۱-۴- ایجاد سایان.....	۲۶
فصل دوم.....	۲۷
۲- گروه بندی گونه های فلفل.....	۲۷
۱-۲- گروه <i>Capsicum pubescens</i>	۲۷
۲-۲- گروه <i>Capsicum frutescens</i>	۲۹
۳-۲- گروه <i>Capsicum baccatum</i>	۳۰
۴-۲- گروه <i>Capsicum chinense</i>	۳۱
۵-۲- گروه <i>Capsicum annuum</i>	۳۴
۱-۵-۲- Mulato یا Ancho	۳۵
۲-۵-۲- Asian	۳۵
۳-۵-۲- Bell	۳۷
۴-۵-۲- Cascabel	۳۸

۳۹	 Cayenne -۵-۵-۲
۴۰	 Cherry -۶-۵-۲
۴۱	 Chilhuacle -۷-۵-۲
۴۲	 Chile Piquin یا Chiltepin -۸-۵-۲
۴۲	 Chipotle -۹-۵-۲
۴۳	 Costeno -۱۰-۵-۲
۴۳	 De Árbol -۱۱-۵-۲
۴۴	 Jalapeno -۱۲-۵-۲
۴۶	 Mirasol -۱۳-۵-۲
۴۶	 New Mexican -۱۴-۵-۲
۴۹	 Onza -۱۵-۵-۲
۵۰	 Ornamental -۱۶-۵-۲
۵۰	 Pasilla -۱۷-۵-۲
۵۲	 Piment D' Espelette -۱۸-۵-۲
۵۲	 Pimiento -۱۹-۵-۲
۵۳	 Serrano -۲۰-۵-۲
۵۴	 Wax -۲۱-۵-۲
۵۵	فصل سوم.....
۵۵	۳- تشریح مراحل رشدی فلفل با استفاده از توصیف گر ها
۵۵	۳-۱- مقایسه انواع فلفل با استفاده از توصیف گر ها
۶۷	فصل چهارم.....
۶۷	۴- تأثیر عوامل محیطی بر رشد و تولید فلفل
۶۸	۴-۱- تأثیر دما و رطوبت نسبی بر گیاه فلفل
۷۰	۴-۲- گرده افشانی فلفل
۷۲	۴-۳- عوامل مؤثر بر عقیم شدن اندام های تولید مثلی در فلفل
۷۲	۴-۳-۱- عوامل محیطی
۷۵	۴-۳-۲- رشد و توسعه گیاه
۷۶	۴-۳-۳- عملیات زراعی
۷۷	۴-۴- دوره های حساس به سقط گل و میوه

۷۹	 فصل پنجم
۷۹	 ۵- تولید فلفل
۷۹	 ۱-۵- مراحل تولید فلفل
۸۰	 ۲-۵- تولید نشاء فلفل
۸۲	 ۳-۵- انتخاب رقم
۸۳	 ۱-۳-۵- طبقه‌بندی نشاءها
۸۶	 ۲-۳-۵- انواع نشاء کارها
۹۲	 ۴-۵- جزئیات مکانیکی نشاء کارهای فلفل
۹۲	 ۱-۴-۵- جعبه‌های نشاء یاسینی‌های نشاء
۹۲	 ۲-۴-۵- بخش‌های جانبی
۹۳	 ۳-۴-۵- واحد کاشت
۹۳	 ۱-۳-۴-۵- واحد کاشت پاکتی
۹۳	 ۲-۳-۴-۵- واحد کاشت فنجان‌ی چرخنده
۹۴	 ۳-۳-۴-۵- واحدهای کاشت ملاقه‌ای یا عمودی رو به پایین
۹۵	 ۴-۳-۴-۵- واحد کاشت نوار نقاله‌ای
۹۵	 ۵-۵- بخش جداسازی نشاءها
۹۶	 ۵-۶- تولید نشاء با استفاده از خاک‌پوش پلاستیکی
۹۶	 ۱-۶-۵- انواع خاک‌پوش‌های پلاستیکی
۹۷	 ۲-۶-۵- تهیه بستر کاشت
۹۷	 ۳-۶-۵- مدیریت کود دهی
۹۹	 ۴-۶-۵- کشت درون خاک‌پوش پلاستیکی
۹۹	 ۷-۵- آبیاری
۹۹	 ۱-۷-۵- برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به مراحل رشدی فلفل
۱۰۰	 ۲-۷-۵- مرحله استقرار گیاه
۱۰۰	 ۳-۷-۵- مرحله رشد رویشی
۱۰۰	 ۴-۷-۵- مرحله تشکیل کامل میوه‌ها
۱۰۰	 ۵-۷-۵- مرحله رسیدگی و برداشت
۱۰۱	 ۶-۷-۵- آبیاری بارانی
۱۰۲	 ۷-۷-۵- آبیاری قطره‌ای

۱۰۲	 برنامه‌ریزی آبیاری	۵-۷-۸
۱۰۳	 انتقال نشاء به زمین اصلی	۵-۸
۱۰۴	 شرایط پرورش فلفل در مزرعه	۵-۹
۱۰۴	 آماده‌سازی زمین	۵-۹-۱
۱۰۵	 استفاده از خاک‌پوش (مالچ) در تولید فلفل	۵-۹-۲
۱۰۶	 تراکم و آرایش گیاهی	۵-۹-۳
۱۰۸	 کشت تونلی فلفل	۵-۹-۴
۱۰۹	 اثرات ورس ساقه	۵-۹-۵
۱۰۹	 هرس فلفل	۵-۹-۶
۱۱۰	 اصول هرس و داربست فلفل دلمه‌ای	۵-۹-۷
۱۱۳	 تنظیم‌کننده‌های رشد و نقش آن در گیاه فلفل	۵-۱۰
۱۱۴	 فیزیولوژی رشد و رسیدگی میوه	۵-۱۱
۱۱۶	 استفاده از سامانه‌های هیدروپونیک برای کشت فلفل	۵-۱۲
۱۱۶	 سامانه هیدروپونیک فغیله‌ای	۵-۱۲-۱
۱۱۷	 سامانه هیدروپونیک جزر و مدی	۵-۱۲-۲
۱۱۸	 سامانه هیدروپونیک قطره‌ای	۵-۱۲-۳
۱۱۸	 سامانه کشت آب عمیق	۵-۱۲-۴
۱۱۹	 سامانه فیلم مواد غذایی	۵-۱۲-۵
۱۲۳	 فصل ششم	
۱۲۳	 ژنتیک و اصلاح فلفل	۶-ژنتیک
۱۲۳	 مقدمه	۶-۱
۱۲۵	 تنوع ژنتیکی	۶-۲
۱۲۷	 هیبریداسیون و ترکیب‌پذیری	۶-۳
۱۲۹	 هیبریداسیون مصنوعی	۶-۳-۱
۱۲۹	 ابزار گرده‌افشانی	۶-۳-۱-۱
۱۲۹	 آماده‌سازی والد مادری	۶-۳-۱-۲
۱۳۱	 نحوه گرده‌افشانی	۶-۳-۱-۳
۱۳۳	 نر عقیمی	۶-۴
۱۳۴	 وراثت‌پذیری و ترکیب‌پذیری صفات کمی	۶-۵

۱۳۵	۶-۶-۶- روش های اصلاحی.....
۱۳۵	۶-۶-۱- انتخاب توده ای.....
۱۳۶	۶-۶-۲- روش شجره ای.....
۱۳۶	۶-۶-۳- روش بک کراس.....
۱۳۶	۶-۶-۳-۱- روش بالک تک بذر.....
۱۳۷	۶-۶-۳-۲- اصلاح موتاسیونی.....
۱۳۷	۶-۶-۳-۳- انتخاب دوره ای.....
۱۳۷	۶-۷- پروژة تولید بذر هیبرید.....
۱۴۰	۶-۸- همبستگی بین صفات.....
۱۴۱	۶-۹- فلفل زینتی.....
۱۴۳	۶-۱۰- اصلاح برای تولید فلفل زینتی.....
۱۴۴	۶-۱۱- اصلاح برای تولید ارقام هیبرید F1.....
۱۴۵	۶-۱۲- اجزای ارزشی ارقام هیبرید.....
۱۴۸	۶-۱۳- تولید لاین های والدینی.....
۱۴۹	۶-۱۴- انتخاب لاین ها بر اساس ارزش فردی لاین ها.....
۱۵۰	۶-۱۵- انتخاب لاین ها بر اساس قدرت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی.....
۱۵۳	۶-۱۶- عوامل مؤثر بر کارایی تولید بذر هیبرید.....
۱۵۴	۶-۱۷- تولید بذر و هزینه.....
۱۵۴	۶-۱۸- استفاده از نشانگرهای مولکولی در اصلاح فلفل.....
۱۵۷	فصل هفتم.....
۱۵۷	۷- آفات، بیماری ها و اختلالات فیزیولوژیک در فلفل.....
۱۵۷	۷-۱- اختلالات فیزیولوژیک.....
۱۵۷	۷-۱-۱- ریزش گل ها و کاهش شکل گیری میوه.....
۱۵۷	۷-۱-۲- پوسیدگی انتهای گل.....
۱۵۹	۷-۱-۳- نقطه - نقطه شدن فلفل.....
۱۵۹	۷-۱-۴- آفتاب سوختگی.....
۱۶۰	۷-۲- بیماری ویروسی فلفل.....
۱۶۰	۷-۲-۱- بیماری ویروسی پژمردگی خالدار گوجه فرنگی.....
۱۶۱	۷-۲-۲- بیماری ویروسی موزائیک خیار.....

۱۶۲	 ۳-۲-۷ بیماری ویروسی لکه ملایم فلفل
۱۶۳	 ۳-۷ بیماری‌های قارچی ریشه و طوقه فلفل
۱۶۳	 ۱-۳-۷ بوته میری و پوسیدگی ریشه
۱۶۴	 ۲-۳-۷ فوزاریوم ساقه و پوسیدگی میوه
۱۶۵	 ۳-۳-۷ پژمردگی فوزاریومی
۱۶۶	 ۴-۳-۷ بیماری بلایت ریشه، طوقه و میوه ناشی از فایتوفترا
۱۶۶	 ۵-۳-۷ پژمردگی ورتیسلیومی
۱۶۷	 ۶-۳-۷ کپک سفید
۱۶۸	 ۴-۷ بیماری باکتریایی
۱۶۸	 ۱-۴-۷ پژمردگی باکتریایی
۱۶۹	 ۲-۴-۷ پژمردگی باکتریایی
۱۷۰	 ۵-۷ آفات فلفل
۱۷۰	 ۱-۵-۷ شته‌ها Aphids
۱۷۱	 ۲-۵-۷ کنه‌های عنکبوتی Spider Mites
۱۷۲	 ۳-۵-۷ کنه‌های پهن Broad Mite
۱۷۳	 ۴-۵-۷ مینوز برگ Leaf miner
۱۷۳	 ۵-۵-۷ تریپس‌ها Thrips
۱۷۴	 ۶-۵-۷ کرم ساقه خوار اروپایی ذرت European Corn Borer
۱۷۵	 ۷-۵-۷ کرم میوه گوجه‌فرنگی (کرم بلال ذرت) Tomato Fruitworm (cornearworm)
۱۷۵	 ۸-۵-۷ کرم چغندر Beet Armyworm
۱۷۶	 ۶-۷ علف‌های هرز
۱۷۹	 فصل هشتم
۱۷۹	 ۸- برداشت و مراحل پس‌از آن در گیاه فلفل
۱۷۹	 ۱-۸ رسیدن میوه
۱۸۲	 ۲-۸ مدیریت دما پس از برداشت
۱۸۳	 ۳-۸ عملیات پس از برداشت
۱۸۴	 ۱-۳-۸ تیمار آب داغ
۱۸۵	 ۲-۳-۸ غوطه‌وری در آب داغ و براشینگ
۱۸۵	 ۳-۳-۸ تیمار انقباضی

۱۸۶	 ۸-۳-۴- پوشش دهی محصول
۱۸۶	 ۸-۳-۵- بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته
۱۸۸	 ۸-۴- بهداشت
۱۸۹	 ۸-۵- درجه‌بندی و بسته‌بندی
۱۸۹	 ۸-۶- خنک‌کننده‌ها و حمل و نقل
۱۹۱	 ۸-۷- دمای ذخیره‌سازی
۱۹۲	 ۸-۸- روش‌های خشک کردن فلفل
۱۹۵	 ۸-۹- جنبه‌های اقتصادی تولید فلفل گلخانه‌ای
۱۹۹	 منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱	فصل اول.....
۲	جدول ۱-۱- مقدار مواد موجود در ۱۰۰ گرم ماده خام فلفل.....
۵	جدول ۲-۱- مقایسه عملکرد، سطح برداشت و تولید فلفل در فاصله زمانی ده ساله در ایران.....
۸	جدول ۳-۱- خلاصه گونه‌های متعلق به جنس Capsicum به همراه موقعیت جغرافیایی، وضعیت اهلی شدن.....
۱۰	جدول ۴-۱- شناسایی گیاه‌شناسی گونه‌های فلفل. Capsicum spp.....
۲۱	جدول ۵-۱- خلاصه شده تقسیم‌بندی انواع فلفل از نظر تندی مزه.....
۲۱	جدول ۶-۱- تقسیم‌بندی انواع فلفل از نظر تندی) واحد اسکویل(.....
۵۵	فصل سوم.....
۵۶	جدول ۱-۳- راهنمای تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام فلفل.....
۶۷	فصل چهارم.....
۶۸	جدول ۱-۴- راهنمای دمایی مراحل مختلف رشد برای تولید فلفل) قرمز و شیرین(.....
۶۹	جدول ۲-۴- واکنش فلفل به نوسانات دمایی روز و شب در مقایسه با سایر سبزیجات.....
۷۰	جدول ۳-۴- تأثیر دمای خاک بر مدت جوانه‌زنی بذر فلفل.....
۷۹	فصل پنجم.....
۸۴	جدول ۱-۵- ویژگی‌های برخی از ارقام تجاری فلفل دلمه‌ای.....
۹۸	جدول ۲-۵- برداشت عناصر غذایی بر اساس عملکرد مورد انتظار فلفل گلخانه‌ای.....
۱۰۱	جدول ۳-۵- برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به مراحل رشد گیاه فلفل.....
۱۱۶	جدول ۴-۵- نسبت سطح به حجم، هدر رفت آب و روز تا اضمحلال میوه در سویه‌های Capsicum chinense.....
۱۲۱	جدول ۵-۵- غلظت نسبی مناسب مواد مغذی بر اساس وزن خشک در بافت برگ‌های فلفل دلمه‌ای..
۱۲۳	فصل ششم.....
۱۲۴	جدول ۱-۶- اهداف اصلاحی برای کیفیت میوه و بوته بر حسب نوع مصرف.....
۱۷۹	فصل هفتم.....
۱۹۵	جدول ۱-۸- مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن و تأثیر آن بر میزان انواع کارتنوئید و کپسایسینوئیدها در فلفل.....
۱۹۷	جدول ۲-۸- مقایسه نسبت هزینه هر یک از عوامل تولید به هزینه کل در فلفل، لویا چشم بلبلی، خیار و گوجه فرنگی.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱	فصل اول.....
۲	شکل ۱-۱- سهم قاره‌های مختلف جهان در تولید فلفل سبز
۴	شکل ۱-۲- ده کشور برتر از نظر تولید فلفل (تازه) در جهان
۵	شکل ۱-۳- آمار مقدار و ارزش صادرات فلفل ایران در یک دوره ۲۰ ساله
۱۱	شکل ۱-۴- برخی از انواع فلفل که در نقاط مختلف جهان کشت می‌شود
۱۵	شکل ۱-۵- تصویر گل برخی از انواع فلفل که در نقاط مختلف جهان کشت می‌شود
۱۸	شکل ۱-۶- قسمت‌های درونی میوه فلفل
۱۹	شکل ۱-۷- کپسایسینوئیدهای اصلی موجود در فلفل قرمز
۲۷	فصل دوم.....
۲۷	شکل ۲-۱- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه <i>Capsicum pubescens</i>
۲۸	شکل ۲-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه <i>Capsicum frutescens</i>
۳۱	شکل ۲-۳- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه <i>Capsicum baccatum</i>
۳۲	شکل ۲-۴- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه <i>Capsicum chinense</i>
۳۵	شکل ۲-۵- رقم Ancho 101
۳۶	شکل ۲-۶- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Asian
۳۷	شکل ۲-۷- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Bell
۳۹	شکل ۲-۸- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Cascabel
۳۹	شکل ۲-۹- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Cayenne
	شکل ۲-۱۰- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Cherry (الف) و گونه زیستی و غیرخوراکی (ب)
۴۱	شکل ۲-۱۱- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Chilhuacle
۴۲	شکل ۲-۱۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Chile Piquin و Chipotle
۴۳	شکل ۲-۱۳- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Costeno
۴۴	شکل ۲-۱۴- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه De Árbol
۴۵	شکل ۲-۱۵- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Jalapeno

۴۶	 شکل ۱۶-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Mirasol
۴۹	 شکل ۱۷-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه New Mexican
۴۹	 شکل ۱۸-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Onza
۵۱	 شکل ۱۹-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Ornamental
۵۲	 شکل ۲۰-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Pasilla
	 شکل ۲۱-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Pimentd Espelette (الف) و Pimiento (ب)
۵۳	 شکل ۲۲-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Serrano
۵۴	 شکل ۲۳-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Wax
۵۵	فصل سوم
۶۴	 شکل ۱-۳- راهنمای صفت ۴ و ۵ در جدول ۳-۱ (میانگرم کوتاه شده بالای گیاه)
۶۴	 شکل ۲-۳- راهنمای صفت ۱۴ در جدول ۳-۱ (شکل برگ)
۶۴	 شکل ۳-۳- راهنمای صفت ۱۷ در جدول ۳-۱ (نیم رخ برگ دربرش عرضی)
۶۵	 شکل ۴-۳- راهنمای صفت ۱۹ در جدول ۳-۱ (وضعیت دمگل)
۶۵	 شکل ۵-۳- راهنمای صفت ۲۸ در جدول ۳-۱ (شکل میوه دربرش طولی)
۶۶	 شکل ۶-۳- راهنمای صفت ۳۰ در جدول ۳-۱ (موج دار بودن برون بر میوه در قسمت قاعده)....
۶۶	 شکل ۷-۳- راهنمای صفت ۳۱ در جدول ۳-۱ (موج دار بودن برون بر میوه به جز در قسمت قاعده) ..
۶۶	 شکل ۸-۳- راهنمای صفت ۴۴ در جدول ۳-۱ (وضعیت کاسه گل)
۷۹	فصل پنجم
۸۱	 شکل ۱-۵- بذر یکنواخت فلفل سمت راست و کشت بذر در سلول های سینی پلاستیکی سمت چپ
۸۲	 شکل ۲-۵- انواع گلدان و سینی جهت تولید نشاء فلفل
۹۱	 شکل ۳-۵- دستگاه نیمه اتوماتیک با واحدهای نشاء کار پاکتی شکل برای نشاهای ریشه لخت....
۹۱	 شکل ۴-۵- دستگاه نیمه اتوماتیک با واحدهای کشت فنجانی شکل برای نشاهای گلدانی شکل....
۹۴	 شکل ۵-۵- دستگاه های نشاء کار منگنه ای
۹۵	 شکل ۶-۵- دستگاه نشاء کار تمام اتوماتیک بیلچه ای
۱۰۴	 شکل ۷-۵- بستر پشته ای مسطح raised bed با پوشش پلاستیک روشن
۱۰۶	 شکل ۸-۵- مالچ پلی اتیلنی شفاف (راست) و تیره (چپ).....
۱۰۶	 شکل ۹-۵- خاک پوش کاه و کلش (سمت راست) و خاک پوش ساقه و بقایا (سمت چپ)
۱۱۰	 شکل ۱۰-۵- چگونگی انجام هرس در فلفل

۱۱۳	شکل ۵-۱۱- استفاده از ریسمان جهت حمایت از ساقه‌های فلفل
۱۱۷	شکل ۵-۱۲- سامانه هیدروپونیک از نوع فثیله‌ای
۱۱۷	شکل ۵-۱۳- سامانه هیدروپونیک از نوع جزر و مدی
۱۱۸	شکل ۵-۱۴- سامانه هیدروپونیک از نوع قطره‌ای
۱۱۹	شکل ۵-۱۵- سامانه هیدروپونیک از نوع کشت آب عمیق
۱۱۹	شکل ۵-۱۶- سامانه هیدروپونیک از نوع فیلم مواد غذایی
۱۲۰	شکل ۵-۱۷- ابعاد سامانه هیدروپونیک از نوع فیلم مواد غذایی
۱۲۳	فصل ششم.....
۱۲۵	شکل ۶-۱- کنترل گرده‌افشانی در گونه‌های فلفل
۱۲۷	شکل ۶-۲- مراحل خودگرده‌افشانی
۱۲۸	شکل ۶-۳- مراحل تلاقی دستی در فلفل
۱۲۹	شکل ۶-۴- ابزار لازم برای گرده‌افشانی
۱۳۱	شکل ۶-۵- جدا کردن پرچم‌ها بدون آسیب به مادگی
۱۳۲	شکل ۶-۶- فروبردن کلالة در حلقه گرده‌افشانی
	شکل ۶-۷- (a) ارقام فلفل سازگار به گلدان و فرم زینتی، (b) ارقام فلفل ناسازگار به گلدان و فرم زینتی
۱۴۲	شکل ۶-۸- ارقام فلفل زینتی در گلدان‌های با حجم ۹۰۰ میلی‌لیتر
۱۴۳	شکل ۶-۹- بوته (a) گل و میوه (b) رقم رنگین کمان الیزا (۱ UFPB)
۱۴۴	شکل ۶-۱۰- و ته و میوه رقم ۲ Ouro Negro UFPB
۱۴۵	شکل ۶-۱۱- میوه ارقام فلفل هونگارین
۱۴۶	شکل ۶-۱۲- عوامل تعیین‌کننده ارزش ترکیبات F1
۱۵۷	فصل هفتم.....
۱۵۹	شکل ۷-۱- علائم بیماری سوختگی گلگاه بر روی میوه فلفل
۱۶۰	شکل ۷-۲- علائم ناهنجاری آفتاب‌سوختگی در فلفل
۱۶۱	شکل ۷-۳- علائم بیماری ویروس پژمردگی خالدار گوجه‌فرنگی در فلفل
۱۶۱	شکل ۷-۴- علائم بیماری ویروس موزائیک خیار در فلفل
۱۶۳	شکل ۷-۵- علائم بیماری ویروس لکه ملایم فلفل
۱۷۰	شکل ۷-۶- علائم بیماری لکه برگ‌گی باکتریایی
	شکل ۷-۷- شته (سمت راست) و علائم وجود شته‌ها روی اندام‌های هوایی گیاه فلفل در زمان

۱۷۱	 برداشت (چپ)
۱۷۲	 شکل ۷-۸- کنه‌های عنکبوتی (راست) و علائم خسارت کنه‌های عنکبوتی (چپ)
۱۷۲	 شکل ۷-۹- علائم خسارت کنه‌های پهن روی میوه فلفل
۱۷۳	 شکل ۷-۱۰- علائم خسارت مینوز روی برگ
۱۷۴	 شکل ۷-۱۱- علائم خسارت تریپس روی میوه (راست) و اندام هوایی فلفل (چپ)
۱۷۴	 شکل ۷-۱۲- شمای پروانه (راست) و لارو کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت (چپ)
۱۷۵	 شکل ۷-۱۳- کرم میوه گوجه‌فرنگی بر روی میوه فلفل (راست) و گوجه‌فرنگی (چپ)
۱۷۶	 شکل ۷-۱۴- نحوه خسارت کرم چغندر (راست) و کرم چغندر (چپ)
۱۷۷	 شکل ۷-۱۵- اویارسلام ارغوانی (بالا راست)، اویارسلام زرد (بالا چپ) و خرفه (پایین)
۱۷۸	 شکل ۷-۱۶- استفاده از مالچ (خاک پوش) پلاستیکی سیاه جهت کنترل علف‌های هرز فلفل
۱۷۹	 فصل هشتم
۱۸۲	 شکل ۸-۱- لکه‌های کم‌رنگ بر روی برخی از قسمت‌های فلفل " کبودی شانه فلفل "
۱۹۰	 شکل ۸-۲- استفاده از فن‌های کوچک برای خنک کردن محصول برداشت شده
۱۹۰	 شکل ۸-۳- حفره‌دار شدن سطح فلفل ناشی از نگهداری در دمای پایین
۱۹۳	 شکل ۸-۴- انواع روش‌های خشک کردن فلفل با نور خورشید
۱۹۴	 شکل ۸-۵- تأثیر خشک کردن بر بافت‌های فلفل (الف : بافت تازه) (ب :بافت پس از خشک شدن)
۱۹۶	 شکل ۸-۶- راهنمای هزینه‌ها در کشت گلخانه‌ای فلفل

فصل اول

۱- تاریخچه و ویژگی های مورفو فیزیولوژیک

۱-۱- مقدمه

فلفل (*Capsicum spp.*) گونه ای از جنس *Capsicum* و از خانواده *Solanaceae* بوده و به تدریج به یک عنصر کلیدی در غذای مردم جهان تبدیل شده است. در این کتاب منظور از فلفل، فلفل درختی (*Piper nigrum*) یا فلفل گینه ای (*Aframomum melegueta*) نیست. حداقل ۵ گونه فلفل در جهان مورد کشت و کار قرار گرفته و به نظر می رسد اولین بار این گیاه در مناطق معتدل جنوب آمریکا اهلی شده است. فلفل از جمله اولین گیاهانی بوده است که ۱۰ تا ۱۲ هزار سال قبل در نیمکره غربی زمین اهلی شده است. این گیاه مناسب کشت در نواحی گرم بوده و اکثر ارقام آن ۷۵ روز پس از انتقال نشاء به زمین اصلی به نخستین مرحله برداشت می رسند. تداوم باردهی و تعداد چین بستگی به رقم استفاده شده دارد (Perry et al., 2007). فلفل سرشار از عناصر معدنی و ویتامین ها است (جدول ۱-۱) (Maynard and Hochmuth, 2007). برخی از پژوهش ها بومی شدن کشت و کار فلفل در دنیای جدید را هم زمان با گیاهانی مثل ذرت (*Zea mays* L.)، لوبیا (*Phaseolus spp.*) و خانواده کدوئیان (*Cucurbitaceae*) تشخیص داده اند ولی در مورد مکان اهلی شدن اتفاق نظر وجود نداشته و از مناطقی مثل مکزیک، السالوادور، پرو، هائیتی و ونزوئلا به عنوان مکان اهلی شدن گروه های مختلف فلفل نام برده شده است (Perry et

۲ / مدیریت تولید در کشت فلفل

(al., 2007). مجموع عناصر غذایی به ویژه مقدار پتاسیم فلفل در حد بالایی قرار دارد. میوه‌های فلفل غنی از ویتامین‌های C، E و آنتی‌اکسیدان‌ها بوده که در پیشگیری از بیماری‌های قلبی بسیار مؤثر است. استفاده از ۱۰۰ گرم فلفل می‌تواند ۱۰۰ درصد نیاز روزانه یک فرد به ویتامین C را برطرف کند (Soare et al., 2017).

جدول ۱-۱: مقدار مواد موجود در ۱۰۰ گرم ماده خام فلفل

نوع فلفل	آب (درصد)	انرژی (کیلوکالری)	پروتئین (گرم)	چربی (گرم)	کربوهیدرات (گرم)	فیبر (گرم)	کلسیم (میلی‌گرم)	فسفر (میلی‌گرم)	آهن (میلی‌گرم)	سدیم (میلی‌گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم)
فلفل تند	۸۸	۴۰	۲	۰/۲	۹/۵	۱/۵	۱۸	۴۶	۱/۲	۷	۳۴۰
فلفل شیرین	۹۴	۲۰	۰/۹	۰/۲	۴/۶	۱/۷	۱۰	۲۰	۰/۳	۳	۱۷۵

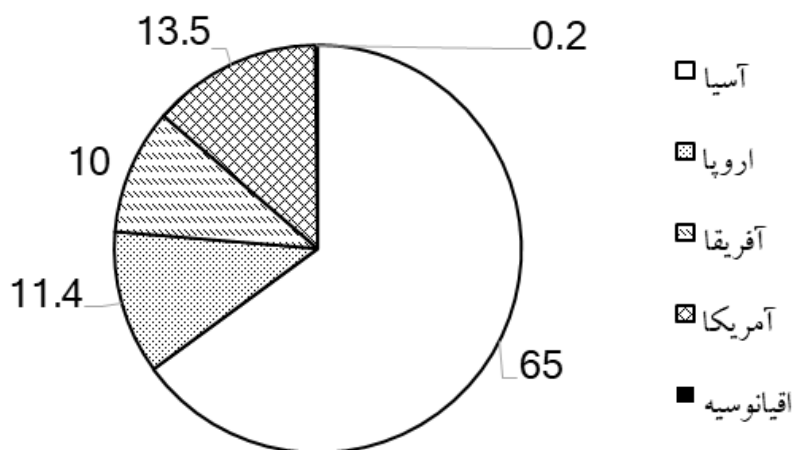
ویتامین‌ها

ویتامین A (IU*)	تیامین (میلی‌گرم)	ریبوفلاوین (میلی‌گرم)	نیاسین (میلی‌گرم)	آسکوربیک اسید (میلی‌گرم)	ویتامین B ₆ (میلی‌گرم)
فلفل تند	۱۱۷۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۹۵	۲۴۲/۵
فلفل شیرین	۳۷۰	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۴۸	۸۰/۴

* واحد بین‌المللی برای اندازه‌گیری مقدار ماده در داروشناسی هم‌ارز زیستی ۰/۳ میکروگرم رتینول

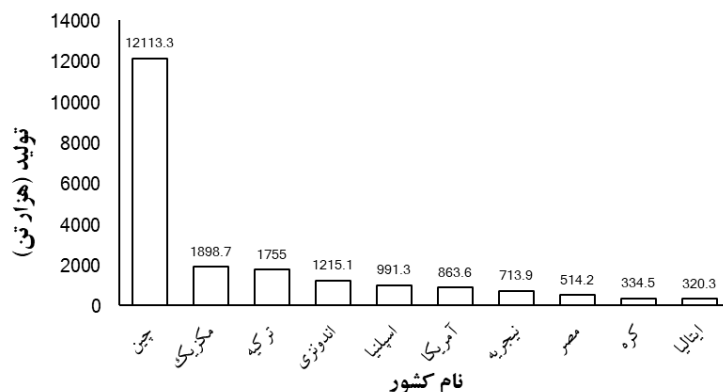
۱-۲- تولید فلفل در ایران و جهان

قاره آسیا با تولید ۶۵ درصد از کل تولید فلفل سبز جهان مقام اول را در این زمینه به خود اختصاص داده است (شکل ۱-۱). بعد از قاره آسیا قاره‌های آمریکا، اروپا، آفریقا و اقیانوسیه به ترتیب با ۱۳/۵، ۱۱/۴، ۱۱ و ۰/۲ درصد از تولید جهان مقام‌های بعدی را دارند. همان‌طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است کشورهای چین، مکزیک، ترکیه، اندونزی، اسپانیا، آمریکا، نیجریه، مصر، کره و ایتالیا مقام‌های اول تا دهم تولید فلفل سبز در جهان را به خود اختصاص داده‌اند. فلفل از جمله گیاهانی است که تولید و کشت آن در ایران در چند سال اخیر توسعه یافته است و در حال حاضر نمی‌توان جایگاه ویژه‌ای در بین ۲۰ کشور تولیدکننده برتر جهان برای آن قائل شد. مجموع تولید فلفل جهان در سال ۱۳۹۶ به بیش از ۲۰ میلیون تن می‌رسد. نکته جالب توجه در این رابطه این است که کشور چین به تنهایی حدود ۵۸ درصد از تولید فلفل سبز جهان را به خود اختصاص داده است (FAOSTAT, 2019).



شکل ۱-۱- سهم قاره‌های مختلف جهان در تولید فلفل سبز (سال ۱۳۹۶)

(FAOSTAT, 2019)



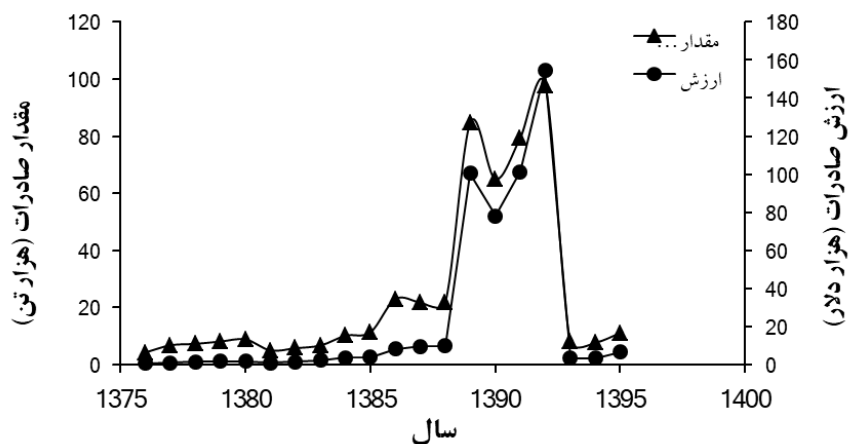
شکل ۱-۲ - ده کشور برتر از نظر تولید فلفل (تازه) در جهان (سال ۱۳۹۶)
(FAOSTAT, 2019)

در ایران در یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶) سطح برداشت شده از ۳۹۶۸ تا ۹۷۵۴ هکتار در نوسان بوده که به ترتیب منجر به تولید ۳۳۴۹۵ و ۸۱۸۵۹ هزار تن فلفل شده است (جدول ۱-۲). با توجه به آمار این جدول، به طور معمول سالیانه حدود ۴۰۰۰ تا اندکی بیش از ۶۰۰۰ هکتار سطح برداشت شده فلفل در ایران وجود دارد. مقدار عملکرد فلفل در فضای آزاد نیز دامنه‌ای از ۸۳۹۱ تا ۱۶۹۷۷ کیلوگرم در هکتار داشته است. این در حالی است که در کشور ترکیه در همین سال با سطح برداشت شده بیش از ۹۴۰۰۰ هکتار، متوسط عملکرد فلفل سبز برابر ۲۷۶۱۶ کیلوگرم در هکتار بوده است.

فلفل سبز می‌تواند ارزش صادراتی نیز داشته و محصولی ارز آور محسوب شود. در ایران در یک فاصله زمانی بیست ساله (۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵) مقدار صادرات فلفل از حداقل ۷/۲۵ هزار تن تا حداکثر ۹۷/۷ هزار تن در نوسان بوده است که در حالت حداکثر بیش از ۱۵۴ هزار دلار ارزش اقتصادی داشته است (شکل ۱-۳). از بعد جهانی، در سال ۱۳۹۵ مقدار ۳/۳ میلیون تن فلفل سبز به صادرات اختصاص داشته و ارزشی معادل ۴/۵ میلیون دلار داشته است (FAOSTAT, 2019). از دید کارشناسان، علت کاهش صادرات محصول پس از سال ۱۳۹۵ عدم ظرفیت‌سازی صحیح در کشورهای مقصد، رقابت شدید برخی از کشورها مثل ترکیه و برخی از مشکلات سیاسی عنوان شده است.

جدول ۱-۲ - مقایسه عملکرد، سطح برداشت و تولید فلفل در فاصله زمانی ده‌ساله در ایران (FAOSTAT, 2019)

سال	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح برداشت شده (هکتار)	کل تولید (هزار تن)
۱۳۸۶	۱۱۰۶۰	۶۸۵۶	۷۵۸۲۹
۱۳۸۷	۸۴۴۱	۳۹۶۸	۳۳۴۹۵
۱۳۸۸	۱۱۸۱۷	۴۰۰۰	۴۷۲۶۷
۱۳۸۹	۸۳۹۳	۹۷۵۴	۸۱۸۵۹
۱۳۹۰	۱۲۴۶۹	۵۲۳۳	۶۵۲۴۷
۱۳۹۱	۱۳۵۸۱	۴۹۶۷	۶۷۴۵۳
۱۳۹۲	۱۲۴۷۹	۶۳۲۷	۷۸۹۴۸
۱۳۹۳	۱۶۹۷۷	۵۶۲۰	۹۵۴۰۲
۱۳۹۴	۱۴۲۲۶	۶۴۳۲	۹۱۴۹۶
۱۳۹۵	۱۳۹۱۵	۶۶۴۴	۹۲۴۴۸
۱۳۹۶	۱۴۳۹۲	۶۲۰۴	۸۹۲۸۲



شکل ۱-۳ - آمار مقدار و ارزش صادرات فلفل ایران در یک دوره ۲۰ ساله. اقتباس از (FAOSTAT, 2019)

۱-۳- ویژگی‌های گیاهی و انواع

فلفل گیاهی چندساله، چوبی است که به صورت یک‌ساله در نواحی معتدل کشت می‌شود. بیشتر گونه‌ها ارتفاعی معادل ۶۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر دارند. ساقه‌ها معمولاً دوبخشی بوده و دو انشعاب اصلی دارند. ریشه‌های متراکم فلفل در عمق ۶۰ سانتی‌متری زیر طوقه گسترش یافته است. در خاک‌های سبک ممکن است این عمق به ۹۰ سانتیمتر برسد. گسترش جانبی ریشه‌ها نیز تا ۹۰ سانتی‌متری اطراف ادامه می‌یابد. با توجه به این که اکثر گونه‌های فلفل خوراکی که در نقاط مختلف دنیا کشت می‌شود متعلق به *Capsicum annum* هستند، برگ‌هایی به شکل تخم‌مرغی تا کشیده داشته و سطح آن‌ها مسطح و بدون کرک است. این برگ‌ها به صورت متناوب روی ساقه قرار دارند. برگ‌های فلفل شیرین نسبت به فلفل‌های تند بزرگ‌تر هستند (Kelley et al., 2009).

جنس *Capsicum* که بومی نواحی گرمسیری امریکا است دارای ۳۹ گونه بوده که ۵ گونه آن به عنوان سبزی با مصارف تازه خوری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bosland et al., 2012). این ۵ گونه عبارت‌اند از:

۱- *Capsicum frutescens* L.

۲- *Capsicum annum* L.

۳- *Capsicum chinense* Jacq.

۴- *Capsicum baccatum* L.

۵- *Capsicum pubescens* Ruiz et Pavon

گونه *Capsicum annum* از متداول‌ترین فلفل‌هایی است که در جهان کشت می‌شود و شامل سه نوع فلفل شیرین (sweet bell)، فلفل جالاپنو (jalapeno) و فلفل پوبلانو (poblano) است. خلاصه گونه‌های متعلق به جنس *Capsicum* به همراه موقعیت جغرافیایی، وضعیت اهلی شدن و تعداد کروموزوم آن‌ها در جدول ۱-۳ نشان داده شده است. گل‌های فلفل در گروه *Capsicum annum* به صورت منفرد بوده ولی در *C. frutescens* و *C. chinense* یک خوشه گل در یک بخش کم‌ویش مسطح قرار داشته و دارای چند گل است. گلی که در مرکز این چند گل قرار دارد زودتر باز می‌شود. گل‌های سفیدرنگ که گاهی بارنگ بنفش مخلوط شده‌اند، در محور برگ‌ها و شاخه‌ها

قرار دارند. به‌طور معمول پنج پرچم با بساک مایل به آبی متصل به پایه جام گل وجود دارد. پرچم‌ها در جهت طولی شکاف دار بوده و دانه‌های گرده را در معرض دید قرار می‌دهند. خامه نسبت به پرچم‌ها طویل‌تر بوده و این مورد به‌ویژه در فلفل‌های تند مشهودتر است. کلاله گریزی شکل بوده و تخمدان در گونه‌های وحشی دوقسمتی است. در گونه‌های اهلی تخمدان می‌تواند ۲ تا ۴ قسمتی یا بیشتر باشد. فلفل از نظر گیاه‌شناسی گیاهی روزکوتاه و خودگشن بوده و گلدهی و تشکیل اولیه میوه‌ها در روزهای کوتاه انجام می‌شود (Mc Cormack, 2006). با این وجود ارقام اصلاح‌شده فلفل نسبت به طول روز بی‌تفاوت‌اند. از نظر سایر ویژگی‌های میوه و گل، گروه‌های مختلف فلفل متفاوت می‌باشند (Sinha and Petersen, 2011).

تفاوت گیاه‌شناسی گونه‌های جنس *Capsicum* به‌طور خلاصه در جدول ۱-۴ و شکل میوه و گل گونه‌های اصلی جنس *Capsicum* به ترتیب در شکل ۱-۴ و ۱-۵ نشان داده شده است (Kelley et al., 2009; DeWitt and Bosland, 2009; Bosland et al., 2012).

جدول ۱-۳- موقعیت جغرافیایی، وضعیت اهلی شدن و تعداد کروموزوم گونه‌های متعلق به جنس *Capsicum* (Sinha and Petersen, 2011)

ردیف	نام گونه	وضعیت اهلی شدن	تعداد کروموزوم	توزیع جغرافیایی
۱	<i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i>	D	12	کل جهان
۲	<i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	SD	12	جنوب آمریکا/شمال و شمال شرق برزیل
۳	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	S	12	کلمبیا تا شمال آرژانتین/نوب و جنوب شرق
۴	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	D	12	مرکز و جنوب آمریکا و هند
۵	<i>C. baccatum</i> var. <i>praetermissum</i>	SD	12	پاراگوئه/ جنوب شرق و مرکز برزیل
۶	<i>C. baccatum</i> var. <i>umbilicatum</i>	D	12	ایالات متحده/مرکز و جنوب آمریکا
۷	<i>C. buforum</i>	W	13	برزیل
۸	<i>C. caatingae</i>	W	13	برزیل
۹	<i>C. caballeroi</i>	W	-	بولیوی
۱۰	<i>C. campylopodium</i>	W	13	برزیل
۱۱	<i>C. cardenasii</i>	W	12	بولیوی
۱۲	<i>C. ceratocalyx</i>	W	-	بولیوی
۱۳	<i>C. chacoense</i>	W	12	جنوب بولیوی، پاراگوئه، شمال و مرکز
۱۴	<i>C. chinense</i>	D/SD	12	اروپا، مرکز و جنوب آمریکا، چین و ژاپن
۱۵	<i>C. coccineum</i>	W	-	پرو و بولیوی
۱۶	<i>C. cornutum</i>	W	13	برزیل
۱۷	<i>C. dimorphum</i>	W	-	کولومبیا و اکوادور
۱۸	<i>C. eshbaughii</i>	W	12	جنوب و مرکز بولیوی
۱۹	<i>C. eximium</i>	W	12	جنوب بولیوی، شمال آرژانتین

ردیف	نام گونه	وضعیت اهلی شدن	تعداد کروموزوم	توزیع جغرافیایی
۲۰	<i>C. fl. exusum</i>	W	12	پاراگوئه، جنوب و جنوب شرق برزیل،
۲۱	<i>C. friburgenae</i>	W	13	برزیل
۲۲	<i>C. frutescens</i>	D	12	اروپا، مکزیک، هند، چین، ژاپن، آفریقا
۲۳	<i>C. galapagoense</i>	W	12	جزایر گالاپاگوس
۲۴	<i>C. geminifolium</i>	W	-	کولومبیا، اکوادور و پرو
۲۵	<i>C. hookerianum</i>	W	-	جنوب اکوادور و شمال پرو
۲۶	<i>C. hunzikerianum</i>	W	13	برزیل
۲۷	<i>C. lanceolatum</i>	W	13	مکزیک و گواتمالا
۲۸	<i>C. longidentatum</i>	W	12	برزیل
۲۹	<i>C. mirabile</i>	W	13	برزیل
۳۰	<i>C. parvifolium</i>	W	12	کولومبیا، ونزوئلا، شمال شرق برزیل
۳۱	<i>C. pereirae</i>	W	13	برزیل
۳۲	<i>C. pubescens</i>	D	12	مکزیک، مکزیک و جنوب آمریکا
۳۳	<i>C. recurvatum</i>	W	13	برزیل
۳۴	<i>C. rhomboidum</i>	W	13	برزیل
۳۵	<i>C. schottianum</i>	W	13	برزیل
۳۶	<i>C. scolnikianum</i>	W	-	پرو و اکوادور
۳۷	<i>C. tovarii</i>	W	12	پرو
۳۸	<i>C. villosum</i> var. <i>villosum</i>	W	13	برزیل
۳۹	<i>Capsicum villosum</i> var. <i>muticum</i>	W	13	جنوب شرق برزیل

جدول ۱-۴- شناسایی گیاه‌شناسی گونه‌های فلفل *Capsicum spp* (Bosland et al., 2012)

گونه	برگ		رنگ بدر	گل		تعداد گروه	دندانه‌ای	کاسه گل			جام گل		رنگ	رنگ زراعی (C)	وحنی (W) یا زراعی (C)	رنگ بسات
	پرز - مو	سطح برگ		وضیعت	شکل			رنگ گلو	شکل	رنگ گل						
annuum	کمی پرزدار	صاف	برزه	مختلف	۱	جزئی	متوسط	دوار	-	سفید	C _۱ W	C _۱ W	آبی تا سفید			
chinense	هیچ	چین‌دار	برزه	مختلف	۲-۵	جزئی	کم	دوار	-	سفید مایل به زرد	C _۱ W	C _۱ W	آبی			
frutescens	هیچ	صاف	برزه	کاملاً عمود	۱-۵	هیچ	کم	دوار	-	مومی مایل به سبز	C _۱ W	C _۱ W	آبی			
galapagoense	به شدت	صاف	برزه	معلق	۱-۲	هیچ	خیلی کم	دوار	-	سفید	W	W	سفید			
chacoense	هیچ	صاف	برزه	عمود	۱	۱۰ دندانه	متوسط	دوار	-	سفید	W	W	زرد			
pubescens	به شدت	چین‌دار	تیره	مختلف	۱-۲	۱ mm	کم	دوار	سفید	بنفش	C	C	بنفش			
cardenasii	هیچ	صاف	قهوه‌ای	عمود	۱-۲	۲ mm	کم	زنگوله‌ای	نقاط زرد	بنفش کم‌رنگ	W	W	بنفش			
eximium	هیچ تا متوسط	صاف	قهوه‌ای	عمود	۳-۵	۲ mm	متوسط	زنگوله‌ای	نقاط سبز زرد	سفید تا بنفش کم‌رنگ	W	W	سفید بارگ آبی			
tovarii	هیچ	کمی چین‌دار	برزه	مختلف	۵-۶	هیچ	کم	زنگوله‌ای	نقاط سبز زرد	سبزرنگ پریده	W	W	آبی			
praetermissum	متوسط	کمی چین‌دار	برزه	عمود	۱-۳	۱ mm	کم	دوار	نقاط سبز زرد	سفید، آبی روشن	W	W	سفید			
baccatum	هیچ	صاف	برزه	مختلف	۱-۲	۱ mm	کم	دوار	نقاط سبز زرد	سفید	C _۱ W	C _۱ W	زرد			
schoottianum	هیچ	صاف	تیره	مختلف	۲-۳	هیچ	نامعلوم	دوار	سبز	سفید	W	W	زرد			
bufoenum	هیچ	صاف	تیره	مختلف	۲-۵	۲-۳ mm	کم	دوار	سبز	سفید تا بنفش کم‌رنگ	W	W	زرد			

Capsicum annuum



Canary Bell



Cheongyang



Beaver Dam



Bird's Eye



Medusa



Poblano



Anaheim



Early Jalapeño

Capsicum baccatum



Lemon Drop



Piquanté



Bishop's Crown



Bishop's Crown

Capsicum chinense



Habanero



Madame Jeanette



Adjuma



Carolina Reaper

Capsicum pubescens



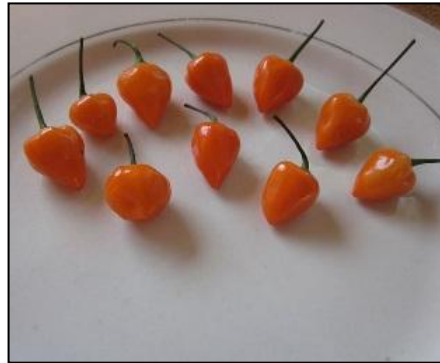
Siling Labuyo



Tabasco



African Birdseye



Kambuzi

Capsicum pubescens



Rocoto flower



Canário



شکل ۱-۴- برخی از انواع فلفل که در نقاط مختلف جهان کشت می شود.
(DeWitt and Bosland, 2009)



Capsicum baccatum



Capsicum annuum



Capsicum frutescens



Capsicum chinense

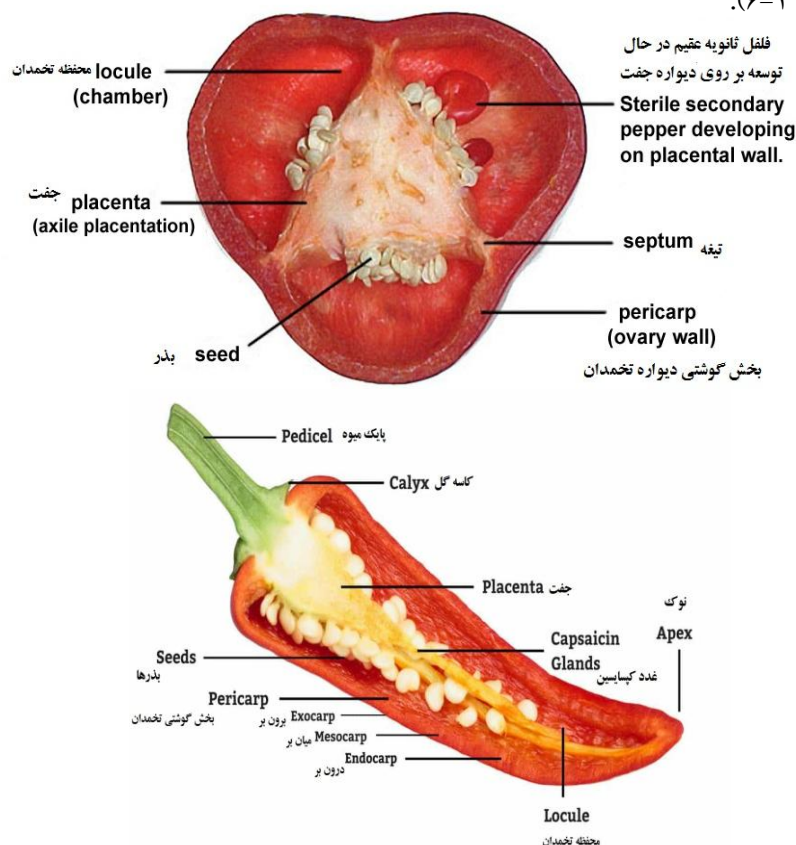


Capsicum pubescens

شکل ۱-۵- تصویر گل برخی از انواع فلفل که در نقاط مختلف جهان کشت می‌شود
(DeWitt and Bosland, 2009)

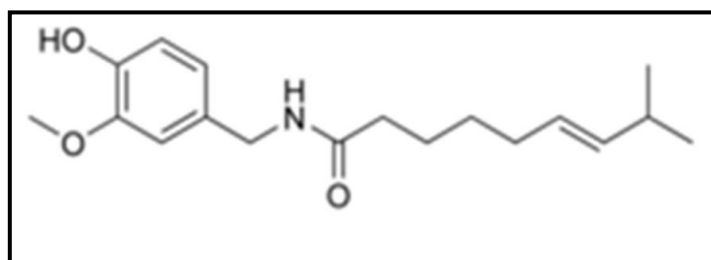
۱-۴- تندى و طعم فلفل

تندى فلفل به دليل يك نوع ماده به نام کپسایسین است. کپسایسین تقريباً بى طعم و بى بو است و از نظر فیزیولوژیک به عنوان يك ماده سوزش آور شناخته می شود. مقدار تندى (گرمى) فلفل با واحدی به نام اسکویل حرارتی سنجیده می شود که در فلفل شیرین مقدار آن صفر و در برخی فلفل های خیلی تند به ۸۰ هزار واحد می رسد. این واحد از سال ۱۹۱۲ با برگزاری يك گروه آزمون کننده طعم مرسوم شد. اگرچه این واحد مشخصه هر رقم محسوب می شود ولی شرایط محیطی و مرحله رسیدگی بر آن مؤثر است. تقريباً تمام کپسایسین در قسمت جفت میوه (Placenta) (به قسمتی که تخمدان از طریق آن به تخمک ها وصل می شود) تولید شده و مقدار آن توسط يك زن غالب کنترل می شود (شکل ۱-۶).

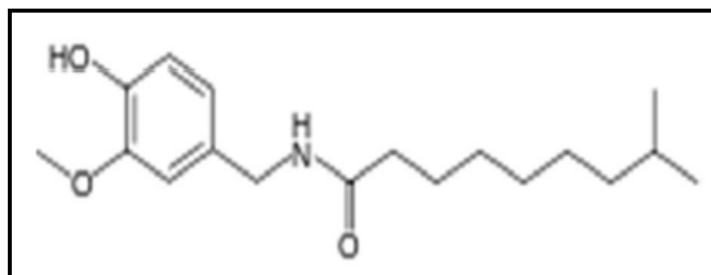


شکل ۱-۶- قسمت های درونی میوه فلفل (DeWitt and Bosland, 2009)

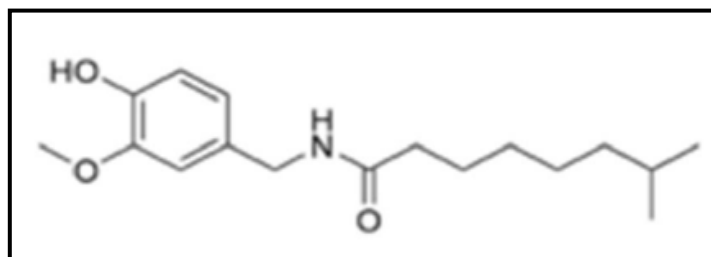
بذر ها فقط از طریق تماس با جفت تندمزه می‌شوند. جدای از تندی، عطر و طعم فلفل به حضور مقدار کمی از چند ماده معطر دیگر نیز وابسته است. این ترکیبات طعم‌دهنده در ارتباط با رنگ‌دانه‌های کارتنوئید هستند. ترکیبات طعم‌دهنده در بخش دیواره بیرونی میوه قرار دارند. در فلفل قرمز Chilis کپسایسین، دی‌هیدروکپسایسین و نوردی‌هیدروکپسایسین به ترتیب ۶۹، ۲۲ و ۷ درصد از ترکیبات کپسایسینوئید موجود در فلفل را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۷) (Zewdie and Bosland, 2001).



کپسایسین



دی‌هیدروکپسایسین



نوردی‌هیدروکپسایسین

شکل ۱-۷: کپسایسینوئیدهای اصلی موجود در فلفل قرمز
(Zewdie and Bosland, 2001).

فلفل‌ها را از نظر مقدار تندی به دو گروه تقسیم می‌کنند: ۱- فلفل شیرین: دارای مقادیر کم کپسایسین بوده و گاهی از آن به عنوان فلفل شیرین یاد می‌شود ۲- فلفل‌های تند: این نوع فلفل‌ها گاهی به نام Chilis شناخته می‌شوند. البته این نام، نام عمومی بوده و شامل بیش از ۲۰۰ گونه فلفل می‌شود. مقدار کپسایسین در این نوع فلفل‌ها از مقدار متوسط تا زیاد تغییر می‌کند (Srinivasan, 2016). برای بیان مقدار تندی معمولاً دو نوع واحد در نظر گرفته می‌شود:

۱- واحد تندی اسکویل (آزمون زبانی) (جدول ۱-۵)

۲- واحدهای انجمن تجارت ادویه آمریکا (ASTA یا آزمون HPLC)

Wilbur Scoville فلفل‌های ارقام مختلف را به صورت جداگانه یک‌شب در الکل خیس می‌کرد تا ترکیب کپسایسین از آن جدا شود. سپس به محلول استخراج شده به دقت مقادیر مشخصی آب شیرین اضافه می‌کرد و آن را با زبانش مورد آزمون قرار می‌داد. این کار را آن قدر تکرار می‌کرد تا تندی فلفل به سختی قابل تشخیص باشد. مقدار حجم آب شیرین مصرفی ملاک عمل بود. به عنوان مثال در فلفل Japan chili حجم آب مصرفی ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ برابر محلول استخراج شده اولیه فلفل بود. بنابراین مقدار تندی آن ۳۰۰۰۰-۲۰۰۰۰ واحد اسکویل بیان می‌شد (Sweat et al., 2016).

در واحد انجمن تجارت ادویه آمریکا مقدار کپسایسین بر حسب قسمت در میلیون بیان می‌شود؛ و هر یک قسمت در میلیون معادل یک واحد ASTA است (ASTA, 1997). برای تبدیل این دو واحد به یکدیگر از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$1\text{ppm capsaicin} = 1 \text{ ASTA unit} = 15 \text{ Scoville heat units}$$

به عبارت ساده هر واحد ASTA برابر ۱۵ واحد اسکویل است.

جدول ۱-۵: خلاصه‌شده تقسیم‌بندی انواع فلفل از نظر تندی مزه (واحد ASTA)
(Srinivasan, 2016)

واحد ASTA	تندی
۰-۵۰۰۰	ملایم
۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	متوسط
۲۰۰۰۰-۷۰۰۰۰	تند
بیش از ۷۰۰۰۰	بسیار تند
۱۵۰۰۰۰۰-۱۶۰۰۰۰۰	Capsaicin خالص

ارقام مختلف فلفل را می‌توان از نظر تندی بر اساس واحد اسکویل نیز تقسیم‌بندی کرد
(جدول ۱-۶).

جدول ۱-۶ - تقسیم‌بندی انواع فلفل از نظر تندی (واحد اسکویل)
(Sweat et al., 2016).

واحد گرمای اسکویل	نوع فلفل
صفر	Sweet Bell
صفر	Pimento
۰-۵۰۰	Cherry
۱۰۰-۵۰۰	Pepperoncini
۵۰۰-۷۰۰	El-Paso
۵۰۰-۷۵۰	Sante Fe Grande
۷۰۰-۱۰۰۰	Coronado
۱۰۰۰-۱۵۰۰	TAM Mild Jalapeno
۱۰۰۰-۲۰۰۰	Espanola
۱۰۰۰-۲۰۰۰	Poblano
۱۰۰۰-۲۰۰۰	Ancho
۱۰۰۰-۲۰۰۰	Mulato
۱۰۰۰-۲۰۰۰	Pasilla
۵۰۰-۲۵۰۰	Anaheim
۵۰۰-۲۵۰۰	Sandia
۵۰۰-۲۵۰۰	NuMex Big Jim
۱۵۰۰-۲۵۰۰	Rocotillo

ادامه جدول ۱-۶

واحد گرمای اسکویل	نوع فلفل
۱۵۰۰-۲۵۰۰	Cascabel
۷۰۰-۳۰۰۰	Pulla
۲۵۰۰-۵۰۰۰	Mirasol
۲۵۰۰-۵۰۰۰	Guajillo
۲۵۰۰-۸۰۰۰	Jalapeno
۵۰۰۰-۸۰۰۰	Chipotle (Smoked Jalapeno)
۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	Yellow Wax, Hot Wax
۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	Puya
۶۰۰۰-۱۷۰۰۰	Hidalgo
۸۰۰۰-۲۲۰۰۰	Serrano
۱۲۰۰۰-۳۰۰۰۰	Manzano
۱۲۰۰۰-۳۰۰۰۰	Shipkas
۱۵۰۰۰-۳۰۰۰۰	De Arbol
۳۰۰۰۰-۴۰۰۰۰	Chile Pequin (Chile Petin, Bird)
۳۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	Jalora
۳۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	Aji
۳۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	Tabasco
۳۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	Cayenne
۴۰۰۰۰-۴۰۰۰۰	Santaka

۱-۳- ویژگی های آنتی اکسیدانی فلفل

فلفل میوه ای است که به دلیل بالا بودن میزان ترکیبات فعال زیستی و ظرفیت آنتی اکسیدانی بالای آن در میان سبزی های تازه خوری و همچنین به دلیل ترکیبات رنگی، طعم و ارزش غذایی آن در سراسر جهان به خوبی شناخته شده است. فلفل ها از نظر منابع آنتی اکسیدانی محلول در آب نظیر ویتامین C و آنتی اکسیدان های محلول در چربی نظیر کارتنوئید ها و ویتامین E غنی بوده به علاوه غنی از کاروتنوئید های اکسیژنه نظیر کپسنیت و کریپتوکپسین هستند (Deepa et al, 2006).

فلفل دلمه‌ای نسبت به سایر سبزی‌ها، بسیار غنی از اسید اسکوربیک یا ویتامین C (۱۵/۰ تا ۲ میلی گرم بر گرم وزن تازه میوه) می‌باشد. ارقام شیرین فلفل نه تنها به خاطر مصرف زیادشان توسط مردم بلکه به علت نقش آن‌ها در تغذیه و سلامت مردم، بسیار بااهمیت هستند. مصرف این ترکیبات فعال زیستی برای سلامت مصرف کنندگان به علت ویژگی‌های آنتی اکسیدانی آن‌ها بسیار بااهمیت است. آنتی اکسیدان‌ها باعث حفاظت سلول‌ها از خسارت‌های اکسیداتیو شده و به همین علت از بسیاری از بیماری‌های مهم نظیر سرطان‌ها و بیماری‌های قلبی - عروقی جلوگیری می‌کنند. همچنین نقش آنتی اکسیدان‌ها در جلوگیری از بیماری‌هایی نظیر دیابت، آلزایمر و پارکینسون اثبات شده است. تفاوت در ترکیبات تغذیه‌ای و ظرفیت آنتی اکسیدانی در ارقام مختلف فلفل مشاهده شده است. همچنین شرایط محیطی نظیر سایه دهی، انجام پیوند و زمان برداشت هم بر ظرفیت آنتی اکسیدانی تأثیر زیادی دارد. میوه فلفل در مراحل مختلف رسیدگی قابل برداشت و استفاده است. در طی دوره رسیدن میوه ترکیبات آنتی اکسیدانی، فنولیکی، اسید اسکوربیک و کارتنوئیدها افزایش می‌یابد. فلفل قرمز و نارنجی به طور معنی داری دارای میزان بیشتری از کارتنوئیدها و آلفا توکوفرول نسبت به فلفل سبز هستند (Maalekuu et al, 2003). رنگ، طعم و جنبه‌های تغذیه‌ای فلفل وابسته به مجموعه‌ی ترکیبات متابولیک موجود در آن است. رنگ دانه‌ای کارتنوئیدی باعث ایجاد تغییر رنگ فلفل از مراحل اولیه تا زمان برداشت فلفل هستند اما تندی مزه فلفل به ترکیب اسیدهای آلی و کپسایسینوئیدها (نوعی متابولیت ثانویه) بستگی دارد. فلفل منبع خوبی از ویتامین A و ویتامین C و همچنین آنتی اکسیدان است.

۱-۵-۱- عوامل مؤثر بر ویژگی‌های آنتی اکسیدانی

عوامل اصلی که در حفظ خواص کیفی و آنتی اکسیدانی در مراحل بعد از برداشت مؤثر هستند شامل شرایط نگهداری و روش حمل و نقل می‌باشد. در ادامه برخی از شرایط تأثیرگذار بر ویژگی‌های آنتی اکسیدانی فلفل توضیح داده می‌شود:

۱-۱-۵-۱-رقم زراعی

به نظر می‌رسد ژنتیک نقش مهمی در عکس‌العمل ارقام فلفل نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده داشته باشد و نهایتاً مقدار و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام را تعیین می‌کند. به عنوان مثال ارقام قدیمی و جمعیت‌های فلفل جمع‌آوری شده از کشور صربستان از نظر میزان ویتامین C غنی هستند ($140/8 - 95/3$ mg.100 gr⁻¹). به طور مشابهی میزان ویتامین C در ارقام قدیمی ترکیه‌ای مقادیری بین $163/1 - 52/2$ mg.100 gr⁻¹ را شامل می‌شود (Bae et al., 2012).

در فلفل دلمه‌ای که در تونل‌های پلاستیکی در شرایط زمستانه کشت شده بود بیشترین میزان اسید اسکوربیک در رقم Sclika (قرمز) (145 mg.100 gr⁻¹) و پس از آن رقم Sympathy (نارنجی) (136 mg.100 gr⁻¹) و Dynamo (زرد) (78 mg.100 gr⁻¹) مشاهده شد. میزان ویتامین C توسط نوع رقم و شرایط نگهداری مشخص می‌شود. نگهداری در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۱ روز میزان ویتامین C را در میوه فلفل قرمز و نارنجی‌رنگ تا حدود ۱۵٪ کاهش داد درحالی‌که میزان ویتامین C در فلفل زردرنگ کاهش نیافت. نگهداری در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ روز تأثیری در میزان ویتامین C نداشت به استثناء فلفل قرمز که در حدود ۱۵٪ کاهش نشان داد (Ilic et al., 2014). بررسی‌های انجام شده در رابطه با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محصول فلفل نشان می‌دهد که میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در فلفل سبز در طی مدت نگهداری بیشتر از فلفل قرمز افزایش می‌یابد و به طور کلی میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در فلفل قرمز در حدود دو برابر بیشتر از فلفل سبز است. در میوه فلفل سبز نسبت فعالیت آنتی‌اکسیدانی محلول در آب به محلول در چربی ۱:۵ تا ۱:۸ در نوسان است. در فلفل قرمز این نسبت بین ۱:۲ تا ۱:۳ بسته به دمای نگهداری و تیمارهای پس از برداشت متغیر می‌باشد (Ilic et al., 2008).

۱-۱-۵-۲- تغذیه

کود دهی (نوع و روش کود دهی) به طور معنی‌داری بر میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از گروه‌های کارتنوئیدی و پلی فنل‌ها در میوه فلفل شیرین تأثیر می‌گذارند. همچنین افزایش کود نیتروژن باعث کاهش میزان اسید اسکوربیک در برخی میوه‌ها و سبزی‌های

شده است (Valero et al., 2014). استفاده از کمپوست باعث افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی در فلفل شیرین شده و غلظت اسید اسکوربیک و فنل‌ها به‌طور معنی‌داری در میوه‌های فلفلی که با استفاده از لجن فاضلاب شهری به‌اضافه کمپوست شهری رشد کرده بودن بیشتر از تیمار شاهد بود (Antonious et al., 2014). استفاده از کودهای آلی تأثیر زیادی بر صفات رویشی فلفل شیرین داشته و عملکرد کل و کیفیت میوه را ارتقا می‌بخشد و میوه‌های ارگانیک فلفل دارای ماده خشک، میزان ویتامین C، کاروتنوئید کل، بتا کاروتن، آلفا کاروتن، اسید فنولیک و فلاونوئید بیشتری در مقایسه با روش‌های مرسوم تولیدی هستند (Hallmann and Rembiakowska, 2012).

۱-۵-۳- پیوند

پیوند زدن گیاهچه‌ها یک فناوری باغبانی منحصربه‌فرد است که می‌تواند جهت مقابله با بیماری‌های خاک‌زاد و نماتدها، تنش‌های غیر زیستی نظیر دمای بالا / پایین، شوری، خشکی و یا شرایط ماندابی و همچنین در برابر غلظت‌های بالای فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی استفاده شود. علاوه بر این، گیاه پیوند شده، آب و مواد مغذی را از خاک به‌طور کارآمدتری جذب کرده و برای مدت طولانی در طول فصل رشد ریشه‌ها فعال باقی می‌ماند. میزان ویتامین C، فنل کل، لیکوپن و بتا کاروتن فلفل دلمه‌ای در حالتی که ارقام Fascinat و Jeanatle به‌عنوان پیوندک و رقم Terano به‌عنوان پایه استفاده‌شده بود بررسی و نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در ترکیبات بیواکتیوی بین ارقام، بین میوه‌های پیوندی و غیر پیوندی وجود دارد. به‌طور کلی پیوند میزان بتا کاروتن و ویتامین C را افزایش و خاصیت آنتی اکسیدانی را بهبود بخشید ولی تأثیری در مقدار فنل کل یا میزان لیکوپن نداشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، پیوند بر روی پایه Terano باعث بهبود کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها در تمامی ارقام شد (Chávez-Mendoza et al., 2013).

در برخی مناطق مدیترانه‌ای عملکرد و کیفیت محصول فلفل شیرین تحت تأثیر منفی تشعشع خورشیدی، دما و باد در طی فصل بهار و تابستان قرار می‌گیرند. لذا استفاده از سایبان‌های مخصوص و همچنین پیوند بر روی پایه‌های مناسب می‌تواند باعث حفظ کیفیت و کمیت میوه‌ها گردد. گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیر پیوندی ۳۰ تا ۵۰ درصد

عملکرد قابل فروش بیشتری به ترتیب در شرایط بدون و با سایبان داشتند با این حال، پیوند تأثیری بر میزان TSS (مواد جامد محلول در میوه) نداشت (Lopez-Marin et al., 2013).

۱-۵-۱-۴- ایجاد سایبان

تغییر شدت نور و تشعشع تأثیر زیادی بر تولید فلفل دارد. سایبان‌های مخصوصی که نور را عبور می‌دهند باعث محافظت فیزیکی گیاه از خسارت باد و تگرگ شده و همچنین با تغییر کیفیت نور عبوری، موجب بهبود رشد بوته‌ها و افزایش عملکرد کمی و کیفی میوه‌ها می‌گردد. سایه‌دهی فلفل (۴۰٪) ممکن است به عنوان یک انتخاب برای کاهش تنش گرمایی و افزایش طول دوره رشدی (بهار-تابستان) بکار برده شود. افزایش میزان ویتامین C در فلفل‌های پرورش یافته در شرایط گلخانه‌ای توأم با سایبان‌های مخصوص حذف نور قرمز رشد داده شده بودند، در مقایسه با گلخانه‌های معمولی گزارش شده است. سایبان‌های توری می‌تواند نه تنها باعث بهبود کمی و کیفی میوه‌ها شوند بلکه همچنین عمر قفسه‌ای^۱ (مدت زمانی که مواد غذایی پس از تولید قابلیت مصرف دارند) فلفل دلمه‌ای را هم ارتقا بخشد (Diaz-perez, 2014). میوه‌هایی پرورش یافته زیر توری‌های مرواریدی رنگ، دارای وزن بالاتر، میوه‌هایی سفت‌تر، میزان کلروفیل و اسید اسکوربیک بیشتر و خواص آنتی‌اکسیدانی بیشتری در طی دوره نگهداری پس از برداشت بودند. پرورش فلفل زرد قرمز زیر سایه‌بان مروارید رنگ و زرد رنگ، منجر به افزایش درصد میوه‌های بازاری پسند شد (Selahle et al., 2015).

فصل دوم

۲- گروه‌بندی گونه‌های فلفل

پنج گونه اصلی گیاه فلفل در جنس *Capsicum* وجود دارد که عبارت‌اند از *C. pubescens*، *C. frutescens*، *C. baccatum*، *C. chinense*، *C. annuum* در درون هر یک از این گونه‌ها چندین «واريته» قابل شناسایی است. به دلیل توانایی بسیاری از گونه‌های فلفل برای تلاقی و تولید هیبریدهای بین گونه‌ای از آن‌ها به عنوان "Complex" یاد می‌شود (DeWitt and Bosland, 2009):

۲-۱- گروه *Capsicum pubescens*

این گونه در سال ۱۷۹۰ میلادی از گیاهان کشت شده در پرو جداسازی شد. این گونه از ارتفاعات بولیوی منشأ گرفته و به نظر می‌رسد از جمله گیاهان قدیمی است که ۶۰۰۰ سال قبل اهلی شده است. در مناطق مختلف جهان ممکن است این گونه را به نام‌های مختلف مثل "Iocoto, Rocoto, Canario, Caballo" نام‌گذاری نمایند. این گونه به فرم بوته‌ای در مناطقی که سرمای شدید وجود ندارد می‌تواند تا ۱۰ سال عمر داشته باشد. ارتفاع این گونه در شرایط زراعی معمولاً به ۶۲ سانتیمتر رسیده و برگ‌های طویل (۹ سانتی‌متر طول و ۵ سانتیمتر عرض) دارای مو و تخم مرغی شکل بارنگ سبز روشن و همچنین دانه‌های سیاه‌رنگ در میوه از علائم مشخصه این گونه است (شکل ۱-۴). ارقام این گروه دارای تنوع قابل توجهی از نظر ماده کپسایسین بوده و برای تولید هیبریدهای دارای درجه تندی مختلف از این گروه از فلفل‌ها استفاده می‌شود (Zewdie et al., 2001).

این گونه فلفل معمولاً دیررس بوده و طول دوره رشدی بیش از ۱۲۰ روز دارد. با توجه به این که مقداری از کربوهیدراتی تولیدی در این نوع فلفل در ریشه‌ها ذخیره می‌شود قابلیت رشد مجدد (رشد بیش از یک سال) را دارد. این گونه می‌تواند در دمای ۴/۵ تا ۹ درجه سلسیوس رشد کرده و از این نظر گیاهی سرمادوست است. گل‌های این گونه بنفش بوده (شکل ۱-۵) و دارای شهد فراوان است. میوه‌ها ۵-۸ سانتی‌متر طول و ۵-۶ سانتی‌متر عرض دارند. هر گیاه بستگی به طول دوره رشد تا ۳۰ عدد میوه تولید می‌کند. میوه این گونه در سالاد و مصرف تازه خوری استفاده شده و واحد گرمای اسکویل برای آن معادل ۳۰ تا ۵۰ هزار است. بر این اساس این نوع فلفل از نظر تقسیم‌بندی جزء فلفل‌های تند به حساب می‌آید (Wilbur, 1912) (جدول ۱-۵). سه واریته Peron، Manzano و Canario از معروف‌ترین انواع فلفل گونه *Capsicum pubescens* هستند (شکل ۲-۱).



Manzano



Peron



Canario

شکل ۲-۱ - تصویر برخی از انواع فلفل در گروه *Capsicum pubescens*
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۲- گروه *Capsicum frutescens*

این گونه عادت رشد مجتمع‌تری نسبت به بسیاری از گونه‌های دیگر داشته و نوع Tabasco معروف‌ترین نوع آن محسوب می‌شود. طول ساقه در ارقام مختلف این گونه از ۳۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر تغییر می‌کند و در اقلیم‌های گرم‌تر گیاه از ارتفاع بیشتری برخوردار است. برگ‌ها تخم‌مرغی شکل و نرم هستند و طول آن‌ها ۷/۵ سانتیمتر می‌رسد. این گونه به‌ویژه برای کشت در ظروف باغبانی مناسب بوده و در این ظروف تا ۴ سال دوام داشته ولی به تدریج از میزان رشد و میوه دهی آن کاسته می‌شود. ارقام موجود در این گروه از نظر طعم و مزه تنوع قابل توجهی داشته و از آن‌ها برای تولید ارقام هیبرید با ویژگی‌های مختلف استفاده می‌شود (Jarret et al., 2007).

گل‌ها در این گونه سفید مایل به سبز رنگ بوده و بساک‌ها به رنگ بنفش هستند (شکل ۱-۵). یک گیاه ۱۰۰ میوه و حتی بیش از آن میوه تولید کرده و با درجه تندی بین ۳۰ تا ۷۰ هزار واحد اسکویل جزو فلفل‌های تند طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱-۵). نوع Tabasco به‌عنوان معروف‌ترین رقم در این گروه دارای میوه‌ای به رنگ زرد یا سبز-زرد بوده و در مرحله رسیدگی رنگ آن متمایل به قرمز می‌شود (شکل ۱-۴). میوه‌های ۵ تا ۵/۵ سانتی‌متری این رقم به‌صورت عمودی بر روی گیاه قرار دارد. به‌طور کلی تنوع شکل، رنگ و اندازه میوه در این گروه بیش از سایر فلفل‌ها است. دلیل این امر ممکن است انتخاب این نوع فلفل توسط انسان و کشت آن در مناطق مختلف باشد. گونه‌های Malagueta و Siling Labuyo از دیگر گونه‌های این گروه فلفل محسوب می‌شوند (شکل ۲-۲).



Malagueta



Siling Labuyo

شکل ۲-۲- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه *Capsicum frutescens* (DeWitt and Bosland, 2009)

۲-۳- گروه *Capsicum baccatum*

گیاهان این گروه با بیشترین معروفیت در امریکای جنوبی، احتمالاً ۲۵۰۰ سال قبل در پرو اهلی شده‌اند. ارقام متعلق به این گونه با نام ají (واژه اسپانیایی که از نظر آوایی "ah Hee" تلفظ می‌شود) شناخته می‌شوند. ارتفاع گونه‌های متعلق به این گروه زیاد بوده و به ۱۵۵ سانتی متر می‌رسد. شکل رشد عمودی بوده و تعداد زیادی ساقه تولید می‌کند. برگ‌ها به رنگ سبز تیره بوده و طول آن ممکن است به ۱۷/۵ سانتی متر برسد. طول دوره رشد در این گروه ۱۲۰ روز بوده و شکل عمومی رشد در آن‌ها درختچه‌ای است. گل‌ها به رنگ سفید-کرم بوده (شکل ۱-۵) و ممکن است لکه‌های سبز تیره، زرد یا قهوه‌ای روشن داشته باشد. پرچم‌های گل، زرد و یا قهوه‌ای مایل به زرد هستند. میوه‌ها در ابتدا عمودی بوده و در هنگام رسیدگی به حالت آویز درمی‌آیند. طول میوه‌ها از ۷/۶ تا ۱۵/۲ سانتی متر متغیر است. در برخی از منابع این گروه به دو بخش اهلی *C. baccatum* L. var. *baccatum* و وحشی *C. baccatum* var. *pendulum* (Alberecht et al., 2012) تقسیم می‌شود.

پنج واریته 'ají amarillo', 'ají ayucello', 'ají Limon', 'Christmas Bell', 'Omincolor' از متداول‌ترین گونه‌های این گروه محسوب می‌شوند. میوه در همه ارقام به استثنای ají amarillo (میوه زرد) قرمز رنگ هستند (شکل ۲-۳). هر گیاه تا ۴۰ میوه در بوته تولید می‌کند. درجه تنیدی این گروه فلفل از ۳۰ تا ۵۰ هزار واحد اسکوویل بوده و جزو فلفل‌های تند طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱-۵).



ají amarillo



Christmas Bell



Omincolor



amarillo



ají ayucello

شکل ۲-۳- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه *Capsicum baccatum* (DeWitt and Bosland, 2009)

۲-۴- گروه *Capsicum chinense*

منشأ اولیه این گروه فلفل نیم کره غربی است اما برخی معتقدند زادگاه اولیه آن چین است. در مناطق گرمسیر مثل کارائیب این گونه فلفل، کاملاً شناخته شده هستند. شکل میوه در این گروه از فلفل‌ها بسیار متنوع بوده و طعم تند آن‌ها تا ساعت‌ها در دهان باقی می‌ماند. گونه *Bhut Jolokia* که در همین گروه از فلفل‌ها قرار دارد با درجه تندی ۱۰۰۰۰۰۰ اسکویل به عنوان تندترین فلفل جهان شناخته می‌شود. ارتفاع بوته در این گروه از فلفل‌ها با توجه به شرایط محیطی از ۳۰ تا ۱۳۵ سانتیمتر است. هرچند ارتفاع برخی از گونه‌ها می‌تواند تا ۲۴۰ سانتی‌متر برسد. برگ‌ها سبز کم‌رنگ، کرک دار و طویل بوده و غالباً طول آن‌ها به ۱۵ سانتی‌متر می‌رسد. ارقام این گروه به شرایط استوایی و گرم سازش خوبی یافته‌اند و به همین دلیل در کشورهای مثل برزیل جزو ارقام اقتصادی و با ارزش محسوب می‌شوند (Lannes et al., 2007).

گل‌ها سفیدرنگ (شکل ۱-۵) و بساک و پرچم بنفش دارند. میوه‌ها زنگوله‌ای شکل و آویزان بوده و از هر محل ۲ تا ۶ میوه خارج می‌شود. طول میوه‌ها ۵ تا ۶/۵ سانتی‌متر بوده و رنگ آن‌ها در زمان رسیدگی ممکن است سبز کم‌رنگ، قرمز، نارنجی، زرد و یا سفید باشد. میانگین درجه تندی در این گروه از فلفل‌ها ۸۰ تا ۱۵۰ هزار اسکویل بوده و بنابراین

جزو فلفل‌های بسیار تند طبقه‌بندی می‌شوند. بذرها در این گونه از فلفل‌ها برای جوانه‌زنی به زمان زیادی نیاز داشته و بهترین شرایط برای رشد حداقل ۸۰ تا ۱۲۰ روزه آن‌ها وجود شب‌های گرم و مرطوب است. غالب گونه‌های این نوع فلفل به طول دوره رشد ۲۰۰ روزه نیاز داشته و یک فصل رویش کامل را اشغال می‌کنند. ۱۴ رقم معروف فلفل در این گروه عبارت‌اند از: Charapita (wild), Cajamarca, Bhut Jolokia, Ají Panca, Ají Limo, NuMex Suave, NuMex Suave Orange, Fatalii, Datil, Chocolate Habanero, Red, Orange Habanero Red Carribean, و Scotch Bonnet (شکل ۲-۴):



Bhut Jolokia



Cajamarca



Ají Limo



Ají Panca



Datil



Fatalii



Charapita' (wild)



Chocolate Habanero



Orange Habanero



Red Carribean



NuMex Suave Orange



NuMex Suave Red



Rocotillo



Scotch Bonnet

شکل ۲-۴- تصویر برخی از انواع فلفل در گروه *Capsicum chinense*
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵- گروه *Capsicum annuum*

فلفل‌های این گروه جزو متداول‌ترین فلفل‌هایی هستند که امروزه در جهان به صورت اقتصادی و زینتی کشت می‌شوند. کشورهای مثل مجارستان، هند، مکزیک، چین، کره و شرق هند مکان‌هایی هستند که گروه *Capsicum annuum* کشت می‌شوند. به دلیل سهولت در گرده‌افشانی هزاران واریته مختلف از این گروه در جهان وجود دارد. این امر نام‌گذاری ارقام در این گروه را مشکل کرده است. به عنوان مثال در مکزیک ۲۰۰ نام مختلف برای ۴۰ نوع فلفل استفاده می‌شود. ساقه‌ها دارای آنتوسیانین بوده و به رنگ‌های ارغوانی، بنفش، آبی، سیاه و یاسی - بنفش دیده می‌شود. ساقه‌ها ممکن است صاف و صیقلی و یا نرم و مودار (با حالت بینابین) باشند. انواع رشد نامحدود (Indeterminate) و یا نیمه رشد نامحدود (Semi-Indeterminate) در بین گونه‌های فلفل در این گروه یافت می‌شود. گیاهان در این گروه قبل از گل‌دهی ۸ تا ۱۵ برگ تولید می‌کنند. دما و نوع واریته بر تعداد برگ تولیدشده مؤثر است. با تولید اولین گل، تعداد دو یا بیشتر ساقه فرعی در گیاه تولید می‌شود. برگ‌ها ممکن است به رنگ‌های مختلف و در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون ولی غالباً متقارن دیده می‌شوند. شکل‌های تخم‌مرغی، بیضوی و نیزه‌ای و رنگ‌های سبز، ارغوانی، زرد و چندرنگی برای انواع گونه‌های این گیاه قابل تشخیص است.

جام گل در این گروه سفیدرنگ بوده و به ندرت به رنگ ارغوانی است. گل‌دهی در این گروه فلفل ظاهراً تحت تأثیر طول شب نیست. در این رابطه دما و به‌ویژه دمای شب از اهمیت بالایی برخوردار است. باز شدن گل‌ها معمولاً در یک یا دو ساعت اول طلوع خورشید انجام شده و ظرف مدت کمتر از یک روز کامل می‌شود. بساک‌ها در فاصله زمانی یک تا ده ساعت پس از باز شدن گل‌ها، شکوفا می‌شوند اما اغلب آن‌ها به مرحله کامل شکوفایی نمی‌رسند. گل‌ها دارای شهد بوده و زنبورها جذب دانه‌های گرده و شهد می‌شوند. گل‌ها می‌توانند خودگشنی داشته باشند اما فقط ۴۶ درصد از این گل‌ها تبدیل به میوه می‌شوند. عملاً ۷۱ درصد از گل‌ها از طریق زنبورها گرده‌افشانی می‌شوند. درصد دگرگشنی با توجه به شرایط محیطی از ۲ تا ۹۰ درصد تغییر می‌کند. به‌طور معمول بیش از

۱۰۰ گل بر روی هر گیاه تشکیل می‌شود. میوه‌ها ۳۵ تا ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی به مرحله رسیدگی می‌رسند. تعداد میوه رابطه منفی با تعداد گل دارد. میوه‌هایی که از اولین گل‌ها به وجود می‌آیند معمولاً بزرگ‌تر بوده، رنگ قرمزتری داشته و از نظر مزه تندتر هستند. در دماهای بالا گل‌دهی متوقف شده و به این حالت اصطلاحاً Split set می‌گویند. این گروه از فلفل‌ها دارای تنوع زیادی بوده و بسیاری از ارقام فلفل موردعلاقه مصرف‌کنندگان در این گروه قرار دارند و به همین دلیل ممکن است خود به زیرگروه‌هایی تقسیم شود. برخی از این زیرگروه‌ها عبارت‌اند از:

۲-۵-۱- Mulato یا Ancho: این نوع فلفل پهن و بعضاً قلبی شکل بوده، تندی ملایمی و دیواره میوه نازک داشته و در حالت نارس به رنگ سبز تیره است. واژه poblano که اشتباهاً به بسیاری از فلفل‌ها اطلاق می‌گردد در اصل مربوط به فلفل‌های این گروه بوده و بیشتر در مکزیک و ایالات متحده کشت می‌شوند (رقم Ancho 101) (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- رقم Ancho 101
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۲- Asian: این نوع فلفل‌ها در حقیقت در قرن ۱۱ میلادی توسط پرتغالی‌ها و اسپانیایی‌ها در کشورهای آسیایی معرفی شدند. برخی از ارقام معروف در این زیرگروه عبارت‌اند از: Prik, Prik Kee Nu, Santaka, Shishito, Takanotsume, Pusa Jwala, Thai Chile و Chee Fa (شکل ۲-۶).



Takanotsume



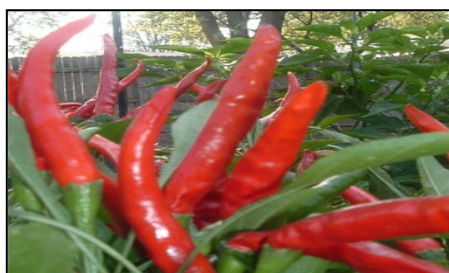
Shishito



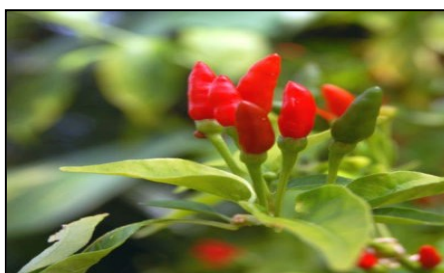
Prik Chee Fa



Pusa Jwala



Santaka



Prik Kee Nu



Thai Chile (سبز و قرمز)



شکل ۲-۶- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Asian
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۳-Bell: این زیرگروه مهم‌ترین گونه فلفل از نظر اقتصادی در آمریکا و مکزیک محسوب شده و بزرگ‌ترین گروه فلفل‌های جنس *Capsicum* را تشکیل می‌دهند. در ایران بیشتر بانام فلفل دلمه‌ای شناخته می‌شود. شکل این گروه فلفل‌ها کاملاً مشخص بوده (ناقوس شکل) و بر روی هر گیاه ۱۰ تا ۱۲ میوه تشکیل می‌شود. طول میوه‌ها به ۱۰ سانتی‌متر می‌رسد. بیش از ۲۰۰ گونه از این نوع فلفل‌ها در جهان اصلاح شده است. میوه‌هایی که سطح مقطع بالایی آن‌ها مربع شکل و در انتها سطحی تخت دارند مطلوبیت بیشتری دارند. برخی از آن‌ها عبارت‌اند از : Golden Bell، Dove، California Wonder، Mexi-Bell و Lilac Belle، Valencia (شکل ۲-۷).



Dove



Golden Bell



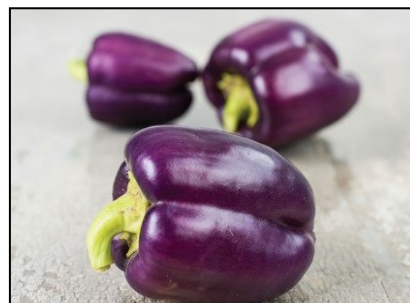
Mexi-Bell



California Wonder



Lilac Belle



Valencia

شکل ۲-۷- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Bell (DeWitt and Bosland, 2009).

رقم California Wonder از ارقام باارزش فلفل محسوب می‌شود که ۱۰ سانتی‌متر طول داشته و دیواره‌های میوه ضخیم است (شکل ۷-۲). این گونه بهترین طعم را در بین گروه فلفل‌های Bell داشته و بافت ترد و طعم ملایم آن باعث معروفیت فراوان آن شده است. رنگ میوه آن سبز یا قرمز بوده و معمولاً ۷۰ روز پس از کشت آماده برداشت است. طول بوته آن به ۷۶ سانتی‌متر رسیده و میوه آن به عنوان چاشنی، مصرف به صورت تازه خوری، سالاد و ترشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رقم Dove بیشتر به دلیل رنگ خاص مورد توجه مصرف کنندگان بوده (شکل ۷-۲) و ممکن است در زمان رسیدگی رنگی از سفید تا قرمز داشته باشد. در آمریکا به دلیل همین رنگ ویژه، قیمتی ۳ تا ۵ برابر بیشتر از فلفل‌های سبز دارد. میوه‌ها ۷/۵ سانتی‌متر طول داشته و طول دوره رشد گیاه ۷۰ روز است.

رقم Golden Bell به دلیل رنگ، طعم مناسب و اندازه متوسطش مورد توجه مصرف کنندگان است. طول گیاه ۹۰ تا ۱۵۲ سانتی‌متر بوده و طول دوره رشد آن ۶۰ روز است. رنگ میوه‌ها سبز براق بوده و در زمان رسیدگی متمایل به زرد می‌شود. (شکل ۷-۲). رقم Valencia همانند سایر فلفل‌های این گروه در ابتدا میوه‌های سبزرنگ داشته ولی در انتهای دوره رشد، رنگ میوه‌ها نارنجی می‌شود. میوه‌ها ۹/۵ سانتی‌متر طول داشته و از نظر طعم نیز بسیار خوشمزه است (شکل ۷-۲). رقم Lilac Belle با رنگ یاسی - بنفش در بین گونه‌ها متمایز است (شکل ۷-۲). طول گیاه به ۹۰ سانتی‌متر رسیده و میوه‌ها طولی معادل ۹ سانتی‌متر دارند. این گونه به ویروس موزائیک تنباکو مقاوم است. رقم Mexi-Bell یک گونه هیبرید است (تلاقی دو والد مختلف و بذری از نتاج آن). ارتفاع گیاه در این گونه به ۹۰ سانتی‌متر رسیده و داخل میوه‌های ۷ سانتی‌متری آن از ۳ تا ۴ بخش تشکیل شده است. رنگ میوه‌ها در زمان رسیدگی سبز تا قرمز است (شکل ۷-۲).

۲-۵-۴-Cascabel: معنی نام این زیرگروه در اسپانیایی "سروصدا" است که اشاره به این مطلب دارد که این گونه به صورت خشک مصرف می‌شود. میوه‌ها در این گونه ابتدا سبزرنگ بوده و با گذشت زمان به رنگ قرمز درآمده و در انتهای دوره رشد، رنگ به قرمز-قهوه ای نیمه شفاف تغییر می‌یابد (شکل ۸-۲). میوه‌ها کروی و درخشان با دیواره

گروه‌بندی گونه‌های فلفل _____ / ۳۹

نازک و تا حدی تندمزه هستند. رقم Cascabel نباید با رقم Cascabella که جزو گروه فلفل‌های مومی است اشتباه شود.



شکل ۲-۸- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Cascabel
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۵- Cayenne: با وجود این که رودخانه‌ای به این نام در فرانسه وجود دارد ولی منشأ این زیرگروه کاملاً مشخص نیست. گیاهان این زیرگروه شکل رشد درختچه‌ای و عمودی داشته و چندین شاخه در هر گیاه تولید می‌شود. ارتفاع گیاه به ۹۰ سانتیمتر می‌رسد. برگ‌ها تخم‌مرغی شکل و به رنگ سبز بوده و طول آن‌ها به ۹ سانتی‌متر می‌رسد. میوه‌ها بر روی گیاه حالت آویزان داشته و طول آن‌ها به ۲۵ سانتیمتر می‌رسد. هر گیاه به راحتی تا ۴۰ میوه تولید کرده و از نظر تنیدی، در رتبه خیلی تند قرار دارند (۳۰ تا ۵۰ هزار اسکویل). آفریقا، هند و ژاپن از مناطق تولید این گونه فلفل‌ها محسوب می‌شوند. سه رقم Large Red Thick، NuMex Nematador و NuMex Las Cruces از ارقام شاخص این زیرگروه هستند (شکل ۲-۹).



NuMex Nematador



NuMex Las



Large Red Thick

شکل ۲-۹- تصویر برخی از انواع فلفل در زیر گروه Cayenne
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۶-Cherry: شباهت میوه در این زیر گروه به گیلای های بزرگ، دلیل نام گذاری آن است. معمولاً در ساندویچ ها از این نوع فلفل استفاده می شود. گیاهان در این زیر گروه تا ۶۰ سانتی متر ارتفاع داشته و ممکن است یک یا چند شاخه تولید کنند. برگ ها نرم بوده و رنگ سبز تیره دارند. طول برگ ها به ۷/۵ سانتی متر می رسد. در هنگام رسیدگی رنگ میوه ها قرمز بوده و طعم آن ها ملایم تا کمی تند است (درجه تندی صفر تا ۳۵۰۰ اسکویل). یک رقم زینتی با نام Jerusalem cherry وجود دارد که در حقیقت نام آن *Solanum pseudocapsicum* بوده و ارتباطی با جنس *Capsicum* ندارد (شکل ۲-۱۰). میوه های این رقم در شرایط عادی سمی بوده و بهترین راه تشخیص آن رنگ پرچم ها است که در رقم *Solanum pseudocapsicum* نارنجی و در انواع *Capsicum* آبی رنگ است. از ارقام معروف این زیر گروه می توان به Cherry Bomb و Cherry Pick اشاره کرد (شکل ۲-۱۰).



الف



ب

شکل ۲-۱۰- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Cherry (الف)
و گونه زینتی و غیرخوراکی (ب)
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۲-Chilhuacle: واریته‌های این زیرگروه فقط در جنوب مکزیک رشد می‌کنند. میوه‌ها در این گروه ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر طول داشته و دارای دیواره نازکی است. اندازه میوه‌ها ممکن است از بسیار کوچک تا بسیار پهن متفاوت باشد. میوه‌های نارس به رنگ سبز بوده و در زمان رسیدگی رنگ آن‌ها به زرد یا قرمز و حتی سیاه تغییر می‌یابد. Chilhuacle Negro و Chilhuacle Rojo، Chilhuacle Amarillo از ارقام این گروه محسوب می‌شوند (شکل ۲-۱۱).



Chilhuacle Rojo



Negro Chilhuacle



Chilhuacle Amarillo

شکل ۲-۱۱- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه
Chilhuacle (DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۸- **Chile Piquin یا Chiltepin**: این نوع فلفل را می‌توان مادر فلفل‌ها نامید. میوه‌های آن کوچک و گرد و فقط ۰/۷ سانتیمتر طول دارند. در زمان رسیدگی میوه‌ها به رنگ سبز یا قرمز بوده و تعداد کمی از آن‌ها خیلی تندمزه هستند. بذر این نوع فلفل‌ها می‌تواند دارای خواب باشد و به این نکته در زمان کشت باید توجه نمود. میوه این نوع فلفل هم به صورت خشک و هم به صورت تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد و پرندگان نیز علاقه زیادی به آن دارند. NuMex Bailey Piquin یکی از ارقام این زیرگروه بوده و طول میوه در آن به ۲ سانتی‌متر می‌رسد. ارقام وحشی این نوع فلفل می‌توانند تا ۱۸۰ سانتیمتر ارتفاع داشته و در شرایط گلخانه این ارتفاع تا ۴/۵ متر نیز می‌رسد. برخی از ارقام در این زیرگروه حالت رشد خوابیده داشته و زمین را پوشش می‌دهند. میوه‌های این رقم فوق‌العاده تند هستند (۵۰ تا ۱۰۰ هزار اسکوئل) و به حالت خشک شده برای چاشنی غذایی مصرف دارد (شکل ۲-۱۲).

۲-۵-۹- **Chipotle**: این نوع فلفل غالباً به خاطر طعم دودی حس شده در هنگام خوردن معروف بوده و به صورت کنسرو شده یا همراه با سس مصرف می‌شود (شکل ۲-۱۲).



NuMex Bailey Piquin



Chipotle

شکل ۲-۱۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Chile Piquin و Chipotle (DeWitt and Bosland, 2009).

گروه‌بندی گونه‌های فلفل _____ / ۴۳

۲-۵-۱۰- Costeno: فلفل‌های این زیرگروه برای سالاد، سس و استفاده در سوپ مناسب هستند. دو رقم Costeño و Costeño Amarillo در آغاز رشد میوه‌های سبزرنگ داشته و در انتهای رشد میوه‌ها به قرمز-نارنجی یا سفید و زرد تغییر رنگ می‌دهند. طول میوه در رقم Costeño، ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر و قطر دیواره آن نازک تا متوسط است. اندازه میوه در رقم Costeño Amarillo همانند رقم Costeño بوده با این تفاوت که میوه براق و دیواره آن بسیار نازک است و بیشتر به صورت خشک شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رقم تندی ملایم‌تری نسبت به رقم Costeño دارد (شکل ۲-۱۳).



Costeño

Costeño Amarillo

شکل ۲-۱۳- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Costeno
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۱۱- De Arbol: این زیرگروه نام مکزیکی به معنی (شبه درخت) داشته و دارای چندین ساقه با عادت رشد عمودی است. اگرچه ارتفاع آن ۹۰ سانتی‌متر است اما شبیه یک درخت کوچک است. برگ‌های این زیرگروه سبز روشن بوده و میوه‌هایی به طول ۷/۵ سانتی‌متر تولید می‌کند. میوه‌ها در ابتدا سبز و در زمان رسیدگی قرمز هستند. میزان تندی میوه این زیرگروه ۱۵ تا ۳۰ هزار اسکویل است. سه رقم این معروف در این زیرگروه عبارت‌اند از: NuMex Sunburst، NuMex Sunflare و NuMex Sunglo (شکل ۲-۱۴).



NuMex Sunflare



NuMex Sunglo



NuMex Sunburst

شکل ۲-۱۴- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه De Arbol
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۱۲- Jalapeno: نام این زیر گروه از منطقه Jalapa در مکزیک گرفته شده ولی در مناطق اطراف مکزیک نیز یافت می شود. میوه های این زیر گروه با دیواره ضخیم، در ابتدای رشد سبز تیره بوده و در مرحله رسیدگی عمدتاً به رنگ قرمز درآمده و بسیار تند هستند. قبل از رسیدگی کامل و تغییر رنگ، انواع با تندی متوسط (۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ اسکویل) و یا بسیار تند (تا ۳۰۰۰۰ اسکویل) در این زیر گروه یافت می شود. در این روی میوه ها ممکن است لکه های قهوه ای رنگ ظاهر شود که بر روی طعم فلفل تأثیری ندارد. به علت ضخامت پوست میوه، این نوع فلفل بر روی گیاه مادری خشک نشده و ضرورتاً باید برای خشک کردن آن از روش های مناسب پس از برداشت (مثلاً دود دادن) استفاده نمود. به علت طعم خاص و منحصربه فرد، میوه ارقام این زیر گروه به صورت کنسرو در رنگ های سبز یا قرمز به فروش می رسد. برگ های ارقام این گروه ۷/۵ سانتیمتر طول داشته و به رنگ سبز روشن تا سبز تیره یافت می شوند. ارتفاع گیاه در ارقام مختلف تا ۹۰

گروه‌بندی گونه‌های فلفل _____ / ۴۵

سانتی‌متر رسیده و ۲۵ تا ۳۵ میوه در هر بوته تشکیل می‌شود. طول دوره رشد ارقام این گروه ۷۰ تا ۸۰ روز (از کشت تا تولید فلفل سبز) بوده و ۵ رقم Early Jalapeno، NuMex Jalmundo، NuMex Primavera، NuMex Piñata و NuMex Vaquero از معروف‌ترین فلفل‌های این زیرگروه محسوب می‌شوند (شکل ۲-۱۵).



NuMex Primavera



NuMex Piñata



NuMex Jalmundo



NuMex Vaquero



Early Jalapeno

شکل ۲-۱۵- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Jalapeno
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۱۳- Mirasol : میوه‌های این زیرگروه شفاف و معطر هستند. سه رقم معروف این زیرگروه عبارت‌اند از NuMex Mirasol (هم جنبه‌های زینی و دارویی و هم مصرف خوراکی به صورت پودر شده)، Guajillo (بیشتر مصرف خوراکی در سس‌ها) و Pulla (به صورت پودر شده مورد استفاده قرار گرفته و درجه تندی بالایی ندارد) (شکل ۲-۱۶).



Guajillo

Pulla



NuMex Mirasol

شکل ۲-۱۶- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه **Mirasol** (DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۱۴- New Mexican : این زیرگروه دارای انواع زیادی از گونه‌ها بوده و به اشتباه گاهی به آن زیرگروه Anaheim گفته می‌شود در حالی که Anaheim خود یک رقم در این زیرگروه است. این زیرگروه از مکزیکی منشأ گرفته و بسیاری از گونه‌های آن نام خود را از نام‌های محلی مکزیکی گرفته‌اند. گونه‌های جدیدتر این زیرگونه شکل رشد انبوه داشته و ارتفاع آن‌ها ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های سبزرنگ این زیرگروه تخم‌مرغی شکل بوده و طول آن به ۷/۵ سانتی‌متر می‌رسد. میوه‌ها کشیده و به حالت آویز بر روی گیاه قرار دارد. رنگ میوه‌ها سبز بوده و در هنگام رسیدگی ممکن است رنگ‌های

گروه‌بندی گونه‌های فلفل _____ ۴۷/

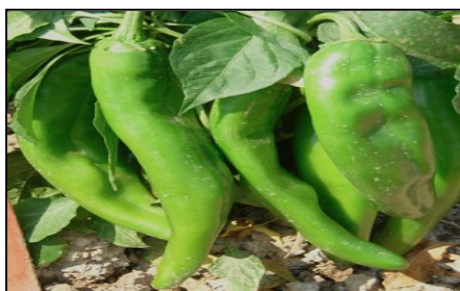
مختلف به‌ویژه قرمز داشته باشند. میوه‌ها ممکن است از ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر طول داشته باشد و تندی آن از صفر (NuMex Garnet) تا ۲۵۰۰ (Sandia) اسکویل تغییر نماید. هر گیاه ۱۰ تا ۱۲ میوه تولید می‌کند. گونه‌های این زیرگروه به دو نوع فلفل‌های قرمز و سبز تقسیم‌بندی شده و بیشترین مقادیر تولید فلفل در دنیا را به خود اختصاص داده‌اند. انواع سبزرنگ به‌صورت تازه، خشک شده، منجمد شده و یا کنسرو شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع قرمز رنگ معمولاً روی بوته حفظ می‌شوند تا رنگ آن‌ها کاملاً قرمز شده و به حالت چرمی درآیند. این فلفل‌ها پس از خشک شدن به‌صورت پودری مورد استفاده قرار می‌گیرند. ارقام معروف در این زیرگروه عبارت‌اند از Chimayó، Española، NuMex Big Jim، NuMex Heritage 6-4، New Mexico No. 6-4، Improved NuMex، NuMex R Naky، NuMex Conquistador، NuMex Heritage Big Jim، NuMex Joe E.، NuMex Sunset، NuMex Eclipse، NuMex Sunrise، Sweet Sandia و Parker (شکل ۲-۱۷).



Española Improved



New Mexico No. 6-4



NuMex Heritage Big



Chimayó



NuMex Heritage 6-4



NuMex Big Jim



NuMex R Naky



NuMex Sweet



NuMex Sunset



NuMex Conquistador



NuMex Sunrise



NuMex Eclipse



NuMex Joe E. Parker



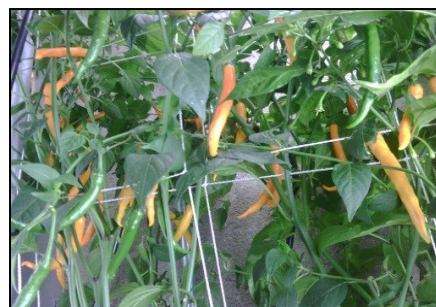
Sandia

شکل ۲-۱۷- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه
New Mexican (DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۱۵-۵-Onza: دو واریته Onza Roja و Onza Amarillo در این زیرگروه قرار دارند و هر دو از مکزیکی منشأ گرفته‌اند. میوه هر دو واریته در حالت نارس به رنگ سبز بوده ولی در زمان رسیدگی میوه Onza Roja به رنگ قرمز روشن و در رقم Onza Amarillo زردرنگ است. میوه‌های باریک و مخروطی شکل این زیرگروه ۵/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر طول داشته و طعم نسبتاً تندی دارند. میوه‌ها به‌صورت خشک‌شده به‌عنوان طعم‌دهنده غذا استفاده می‌شوند. ارتفاع ساقه ممکن است تا ۹۰ سانتی‌متر برسد (شکل ۲-۱۸)



Onza Roja



Onza Arilloma

شکل ۲-۱۸- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Onza
(DeWitt and Bosland, 2009).

Ornamental-۱۶-۵-۲: این زیرگروه در گروه فلفل‌ها منحصربه‌فرد بوده و در حقیقت میوه آن‌ها طعم مناسب جهت استفاده خوراکی را ندارد. این زیرگروه طرفداران زیادی در آمریکا و اروپا دارد. واریته‌های این زیرگروه به راحتی از طریق بذر تکثیر شده، میوه‌های تند مزه داشته و به شرایط خشکی نیز مقاوم هستند. اگرچه میوه‌ها قابلیت خوراکی دارند ولی به طور عمده به دلیل رنگ میوه‌ها، شکل میوه‌ها و شکل بوته مورد علاقه هستند. برخی از واریته‌های این زیرگروه در زمان واحد، میوه‌هایی با ۴ تا ۵ رنگ مختلف دارند. به دلیل رنگ سبز و قرمز میوه‌ها، به واریته‌های این گروه Christmas peppers نیز گفته می‌شود. برخی از ارقام متعلق به این زیرگروه عبارت‌اند از: Chilly Chili, Black Cuban, Peter, NuMex Christmas, NuMex Twilight, NuMex Centennial, Jigsaw و Poinsettia (شکل ۱۹-۲).

Pasilla-۱۷-۵-۲: نام این زیرگروه به زبان اسپانیایی به معنی کشمش کوچک است. رنگ میوه در حالت خشک قهوه‌ای تیره بوده و ارتفاع ساقه‌های عمودی آن به ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌ها تخم‌مرغی شکل، نرم و سبزرنگ بوده و طول آن‌ها به ۷/۵ سانتی‌متر می‌رسد. میوه‌ها کشیده و استوانه‌ای شکل بوده و طول آن‌ها به ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بالغ می‌گردد. رنگ میوه‌ها سبز تیره بوده و در زمان رسیدگی قهوه‌ای تیره هستند. از نظر تنیدی، میوه‌ها تنیدی متوسط دارند (درجه تنیدی برابر ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ اسکویل). هر گیاه ممکن است ۲۰ یا بیشتر میوه تولید کند. دو رقم Apaseo و Salvatierra از معروف‌ترین ارقام این گروه هستند. رقم هیبرید Holy Mole نیز متعلق به همین گروه است (شکل ۲۰-۲).



Black Cuban



Chilly Chili



Jigsaw



NuMex Centennial



NuMex Twilight



NuMex Christmas



Peter Pepper



Poinsettia

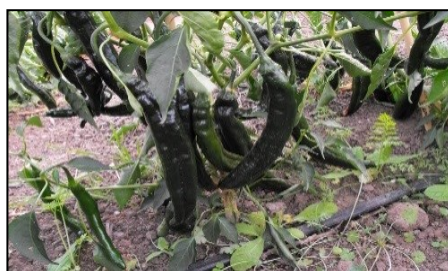
شکل ۲-۱۹- تصویر برخی از انواع فلفل در زیر گروه Ornamental



Apaseo



Salvatierra



Holy Mole

شکل ۲-۲۰- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Pasilla
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۵-۱۸- **Piment d' Espelette**: این گروه از فلفل‌ها قرمزرنگ بوده و بیشتر در جنوب غربی فرانسه معروف هستند. ارتفاع این گروه از فلفل‌ها تا ۶۰ سانتی متر رسیده و هر گیاه تا ۲۰ میوه قرمزرنگ با تندی متوسط تولید می‌کند. این نوع از فلفل‌ها به صورت پودر خشک در غذاها استفاده می‌شود (شکل ۲-۲۱).

۲-۵-۱۹- **Pimento**: این گروه از فلفل‌ها گاهی Pimento نیز نامیده می‌شوند اما در اصل این نام از زبان اسپانیایی به معنی فلفل گرفته شده است. میوه‌های قلبی شکل با دیواره‌های ضخیم که در ابتدای رشد سبزرنگ بوده و در زمان رسیدگی به قرمز تغییر رنگ می‌دهند. از ویژگی‌های این گروه فلفل است. میوه‌های این گروه تند نیستند و علاوه بر مصرف تازه برای تولید زیتون شکم پر نیز استفاده می‌شود. واریته Perfection Pimento از معروف‌ترین گونه‌های این گروه محسوب شده و حالت چند ساقه‌ای دارد. ارتفاع بوته از ۳۰ تا ۷۵ سانتیمتر متغیر است. برگ‌ها تخم‌مرغی تا نیزه‌ای شکل بوده و

گروه‌بندی گونه‌های فلفل _____ ۵۳/

حدود ۷/۵ سانتی متر طول دارند. هر گیاه حدود ۱۰ میوه تولید می‌کند. میوه‌ها به صورت کنسرو شده، برای چاشنی غذایی و یا به صورت ترشی مصرف می‌شوند (شکل ۲-۲۱).



Piment d' Espelette



Perfection Pimiento

شکل ۲-۲۱- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Pimiento و Piment d' Espelette (DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۲۰-۵-Serrano : معنی کلمه Serrano این زیرگروه "نقطه مرتفع یا کوهستان" بوده و فلفل‌های متعلق به این زیرگروه از کوهستان‌های مکزیک منشأ گرفته‌اند. شکل رشد بوته در این زیرگروه متنوع بوده و ممکن است به شکل انبوه با چندین ساقه، یا شکل عمودی با تعداد ساقه محدود و یا حالت حد واسط داشته باشد. ارتفاع ساقه ممکن است از ۴۵ تا ۱۵۰ سانتی متر طول داشته و برگ‌ها به رنگ سبز روشن تا سبز تیره دیده می‌شود. طول برگ‌ها از ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتیمتر طول دارند. میوه‌ها استوانه‌ای شکل و به حالت آویز روی گیاه قرار دارند. طول میوه‌ها ۲/۵ تا ۱۰ سانتیمتر طول بوده و در حالت نارس به رنگ سبز و در حالت رسیده به رنگ قرمز هستند. درجه تندی میوه‌ها از ۱۰ تا ۲۰ هزار اسکوئل تغییر می‌کند. سه رقم معروف در این گروه TAM Hidalgo, Balin و Serrano Tampiqueño هستند (شکل ۲-۲۲).



TAM Hidalgo



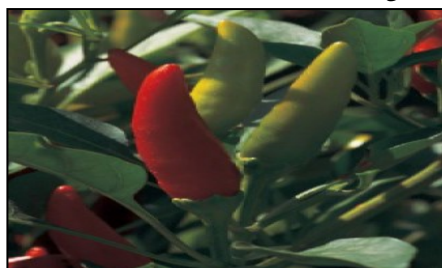
Balin



Serrano

شکل ۲-۲۲- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Serrano
(DeWitt and Bosland, 2009).

۲-۲۱-۵-Wax: فلفل‌های این زیرگروه در حالت نارس زردرنگ و براق بوده و در حالت رسیده به نارنجی و قرمز تغییر رنگ می‌دهند. شکل رشد بوته در این گروه حالت انبوه داشته و دارای یک ساقه قوی در مرکز است. ارتفاع گیاه تا ۷۵ سانتی‌متر رسیده و برگ‌های تخم‌مرغی شکل آن به رنگ سبز مشاهده می‌شود. روی هر بوته ۲۵ (و حتی بیشتر) میوه تولید می‌شود. سه رقم معروف در این گروه عبارت‌اند از: Floral Gem، Santa Fe Grande و Mississippi Sport (شکل ۲-۲۳).



Mississippi Sport



Santa Fe Grande



Floral Gem

شکل ۲-۲۳- تصویر برخی از انواع فلفل در زیرگروه Wax
(DeWitt and Bosland, 2009).

فصل سوم

۳- تشریح مراحل رشدی فلفل با استفاده از توصیف گرها (Descriptor)

۳-۱- مقایسه انواع فلفل با استفاده از توصیف گرها

برای مقایسه ویژگی های رویشی واریته های گیاهی استفاده از توصیف گرها می تواند سودمند باشد. این توصیف گرها می توانند راهنمای خوبی برای تشخیص مراحل فنولوژیک رشد گیاه باشند و معمولاً برای هر گیاه به طور مجزا تهیه شده اند. علاوه بر این تشخیص مراحل رشد گیاهی می تواند در کاربرد نهاده هایی مثل کود و سموم شیمیایی مفید واقع شود. در بسیاری از مواقع کنترل علف های هرز و آفات با کمترین مقدار سم مصرفی با توجه به این توصیف گرها صورت می گیرد. در رابطه با فلفل نیز توصیف گرهایی وجود دارد که یکی از آنها مربوط به "اتحادیه بین المللی حفاظت از گونه های جدید گیاهان"^۱ است (Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰). مشخصات این توصیف گر در جدول ۳-۱ ذکر شده است. در این توصیف گر از کدهای عددی استفاده شده که با توجه به نوع مشخصه مورد نظر می تواند از ۱ تا ۹ متفاوت باشد. شکل های ۳-۱ تا ۳-۸ راهنمای تصویری برای استفاده از جدول ۳-۱ است.

¹-International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV)

جدول ۱-۳ - راهنمای تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام فلفل
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	وارثه های نمونه
۱	VG	QL	رنگ آنتوسیانین محور زیر لپه در مرحله نهال بذری	نداشتن ۱ داشتن ۹	Albaregia, Albena Lamuyo
۲	MS	QN	عادت رشد	ایستاده ۱ نیمه ایستاده ۲ آویخته ۳	De Cayenne Sonar Trophy
۳	MS	QN	طول ساقه	کوتاه ۳ متوسط ۵ بلند ۷	Trophy Lamuyo Marconi
۴	VG	QL	میانگرمه کوتاه شده بالای گیاه	نداشتن ۱ داشتن ۹	California wonder Fehér
۵	MS	PQ	در ارقام دارای میانگرمه کوتاه شده : تعداد میانگرمه بین اولین گل و میانگرمه های کوتاه شده	نداشتن ۱ یک تا سه تا ۲ بیش از سه تا ۳	Kalocsai 601 Fehér Kalocsai 702
۶	MS	QN	در ارقام بدون میانگرمه کوتاه شده : طول میانگرمه در شاخه اولیه	خیلی کوتاه ۱ کوتاه ۳ متوسط ۵ بلند ۷ خیلی بلند ۹	Albaregia Bandero Dolmi Corno di toro rosso Fenice
۷	VG	QL	رنگ آنتوسیانین گره های بوته	نداشتن ۱ داشتن ۹	Albaregia, California wonder

MG= اندازه گیری منفرد از یک گروه از گیاهان یا بخش های گیاهی، MS= اندازه گیری از تعدادی

از گیاهان و یا بخش هایی از گیاهان، VG= ارزیابی بصری از طریق مشاهده یک گروه از گیاهان و یا

بخش هایی از گیاهان، QL= ویژگی های کیفی، QN= ویژگی های کمی، ویژگی های شبه کیفی

ادامه جدول ۱-۳

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۸	VG	QN	شدت رنگ دانه آنتوسیانین گره‌ها	۱ خیلی کم	California
				۳ کم	wonder
				۵ متوسط	Sonar
				۷ زیاد	Zarai
				۹ خیلی زیاد	Alwin
۹	VG	QN	نداشتن - خیلی کم کرک دار بودن گره ساقه	۱	Arlequin
				۳ کم	Farnese Clovis
				۵ متوسط	Fenice
				۷ زیاد	Mino
				۹ خیلی زیاد	
۱۰	VG/ MS	QN	خیلی کوتاه کوتاه ارتفاع بوته بلند	۱	Kalocsai 601
				۳	Albaregia
				۵ متوسط	HRF
				۷ بلند	Orias
				۹ خیلی بلند	Hot chili
۱۱	VG/ MS	QN	خیلی کوتاه کوتاه طول پهنک برگ	۱	Tüzes piros
				۳	
				۵ متوسط	De Cayenne
				۷ بلند	Atol
				۹ خیلی بلند	Dolmy
					Predi
۱۲	VG/ MS	QN	خیلی باریک باریک عرض پهنک برگ پهن	۱	Recio
				۳	De Cayenne
				۵ متوسط	Balaton
				۷	Sienor

ادامه جدول ۱-۳

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۱۳	VG	QN	شدت رنگ سبز برگ	۱	Amaryllis
				۳	Pushtagold
				۵	Merit
				۷	Dolmy
				۹	Soleor
۱۴	VG	PQ	شکل برگ	۱	Recio
				۲	Balico
				۳	Solario
۱۵	VG	QN	موج دار بودن حاشیه برگ	۱	□Dec yenne
				۳	Landes
				۵	Tenor
				۷	Tosca
				۹	Farya
۱۶	VG	QN	تاول زدگی برگ	۱	Century
				۳	Pushtagold
				۵	Merit
				۷	Greygo
				۹	Florian
۱۷	VG	QN	نیم رخ برگ در برش عرضی	۱	Slávy
				۳	Favolor
				۵	Recio
				۷	Albaregia
				۹	Tinto
۱۸	VG	QN	براق بودن برگ	۱	Diavolo
				۳	De Cayenne
				۵	Alby
				۷	Floridor
				۹	Cubor

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۱۹	VG	QN	وضعیت دمگل	۱	ایستاده
				۲	نیمه ایستاده
				۳	آویخته
۲۰	VG	LQ	رنگیزه آنتوسیانین سطح بساک گل	۱	نداشتن
				۹	داشتن
۲۱	VG	PQ	رنگ میوه قبل از رسیدگی	۱	سفید مایل به سبز
				۲	زرد
				۳	سبز
				۴	بنفش
۲۲	VG	QN	شدت رنگ میوه قبل از رسیدگی	۱	خیلی روشن
				۳	روشن
				۵	متوسط
				۷	تیره
				۹	خیلی تیره
۲۳	VG	LQ	رنگیزه آنتوسیانین میوه	۱	نداشتن
				۹	داشتن
۲۴	VG	PQ	حالت میوه	۱	ایستاده
				۲	افقی
				۳	آویخته
۲۵	VG/ MS	QN	طول میوه	۱	خیلی کوتاه
				۳	کوتاه
				۵	متوسط
				۷	بلند
				۹	خیلی بلند

ادامه جدول ۱-۳

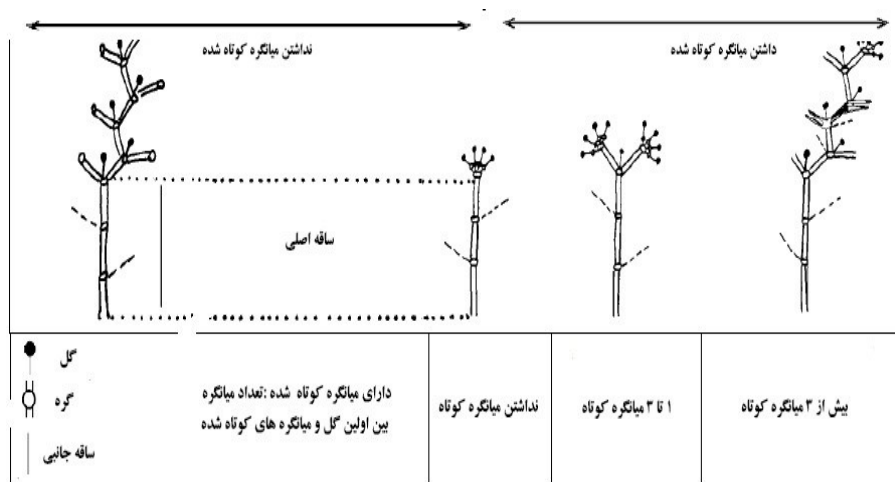
ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۲۶	VG/ MS	QN	قطر میوه	۱	خیلی باریک
				۳	باریک
				۵	متوسط
				۷	پهن
				۹	خیلی پهن
۲۷	MS	LQ	نسبت طول به قطر میوه	۱	خیلی کم
				۳	کم
				۵	متوسط
				۷	زیاد
				۹	خیلی زیاد
۲۸	VG	PQ	شکل میوه در برش طولی	۱	گرد پخ
				۲	دایره ای
				۳	قلبی
				۴	مربعی
				۵	مستطیلی
				۶	ذوزنقه ای
				۷	نسبتاً مثلثی
				۸	کمی مثلثی
				۹	مثلثی کشیده
۲۹	VG	PQ	شکل میوه در برش عرضی (در سطح جفت)	۱	بیضی
				۲	زاویه دار
				۳	کنگره ای

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۳۰	VG	QN	ندارد، بسیار کم	۱	Delphin
			کم	۳	Donat
			متوسط	۵	Duna
			زیاد	۷	Alfa
			خیلی زیاد	۹	Doux italien
۳۱	VG	QN	ندارد، بسیار کم	۱	Milord
			کم	۳	Clovis
			متوسط	۵	Ursus
			زیاد	۷	De Cayenne
			خیلی زیاد	۹	Arabal
۳۲	VG	QN	صاف، بسیار کم چین	۱	Milord
			کمی چین دار	۲	Landes
			کاملاً چین دار	۳	Sierra Nevada
۳۳	VG	PQ	زرد	۱	Heldor
			نارنجی	۲	Ariane
			رنگ میوه در	۳	Fehér
			زمان رسیدن	۴	Brupa
			قهوه‌ای	۵	Green6203
۳۴	VG	QN	شدت رنگ میوه	۱	-
			در زمان	۲	-
			رسیدگی	۳	-
۳۵	VG	QN	خیلی کم	۱	Pikanta
			کم	۳	Landes
			متوسط	۵	Sonar
			براق	۷	Trophy
			خیلی براق	۹	Kappy

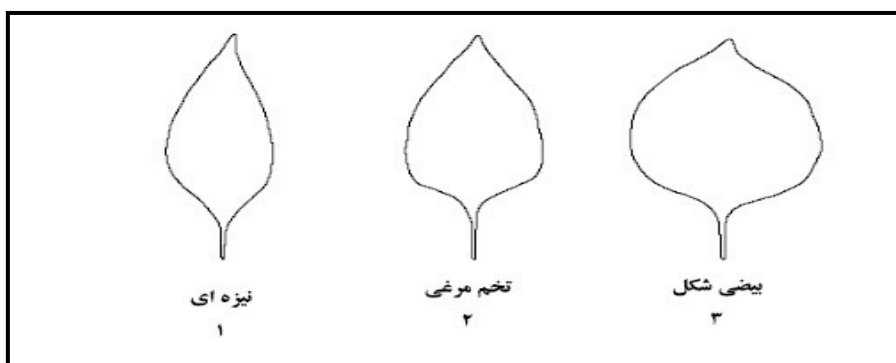
ادامه جدول ۱-۳

ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۳۶	VG	QL	فرورفتگی دمگاه میوه	۱	Sweet banana
				۹	Lamuyo
۳۷	VG	QN	عمق فرورفتگی دمگاه میوه	۱	Flush
				۳	Latino
				۵	Lamuyo
				۷	Osir
۳۸	VG	PQ	شکل نوک میوه	۹	Cancun
				۱	Hot chili
				۲	-
				۳	Cherry Sweet
				۴	Quadrato
۳۹	VG	QN	عمق فرورفتگی بین لوب میوه	۵	Kerala
				۱	De Cayenne
				۲	Milord
				۳	Clovis
۴۰	MG	QN	تعداد لوب میوه	۴	Surpas
				۱	De Cayenne
				۲	Fehér
				۳	Century
				۴	Lamuyo
۴۱	VG	QN	ضخامت گوشت میوه	۵	Palio
				۱	De Cayenne
				۳	Banán
				۵	Fehér
				۷	Bingor
				۹	Regolo

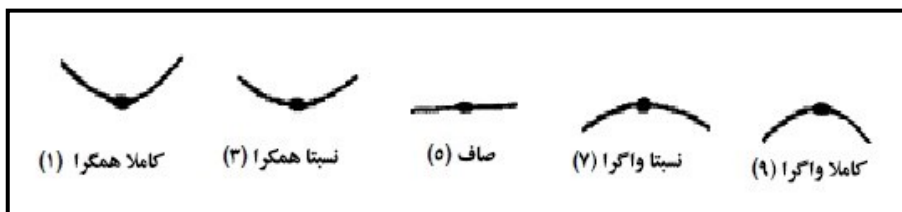
ردیف	نحوه اندازه گیری	نوع مشخصه	نام مشخصه	کد عددی	واریته های نمونه
۴۲	VG/MS	QN	طول دم میوه	۱	بسیار کوتاه
				۳	کوتاه
				۵	متوسط
				۷	بلند
				۹	خیلی بلند
۴۳	VG/MS	QN	ضخامت دم میوه	۱	بسیار نازک
				۳	نازک
				۵	متوسط
				۷	ضخیم
				۹	خیلی ضخیم
۴۴	VG	QL	وضعیت کاسه گل	۱	قاعده میوه را در بر نمی گیرد
					قاعده میوه را
				۲	در بر می گیرد
۴۵	VG	QL	کپسایسین در بافت جفت میوه (تند بودن)	۱	نداشتن
				۹	داشتن
۴۶	VG	QN	زمان شروع گلدهی (اولین گل در دومین گره گل دهنده)	۱	زود
				۲	متوسط
				۳	دیر
۴۷	VG	QN	زمان بلوغ	۱	خیلی زود
				۳	زود
				۵	متوسط
				۷	دیر
				۹	خیلی دیر



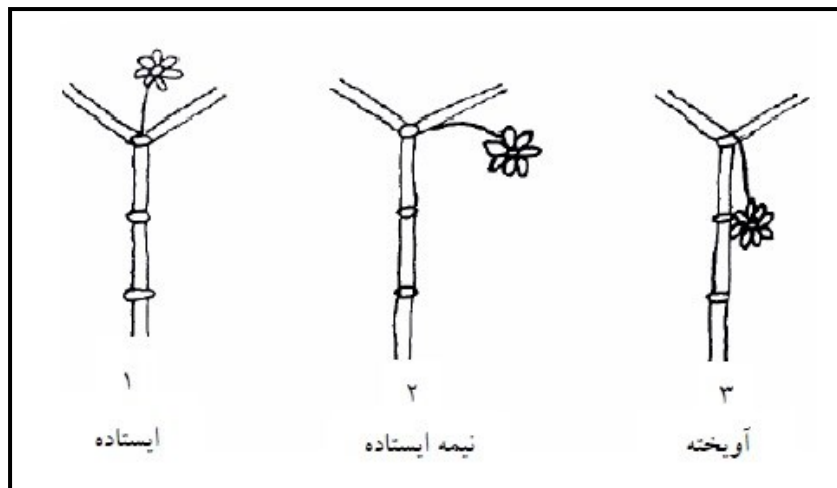
شکل ۱-۳ - راهنمای صفت ۴ و ۵ در جدول ۱-۳ (میانگره کوتاه شده بالای گیاه)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)



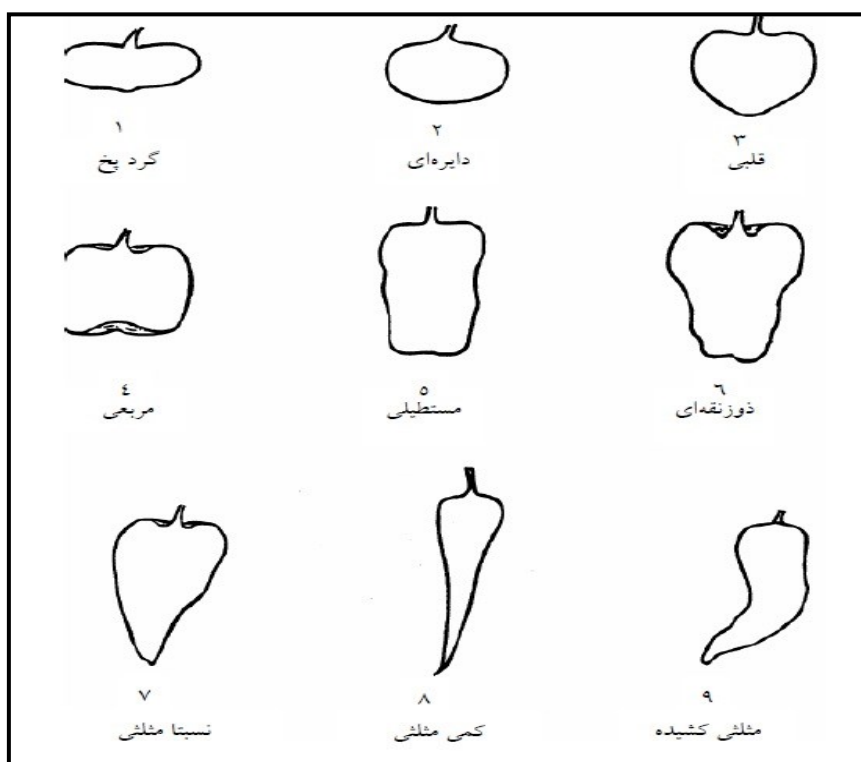
شکل ۲-۳ - راهنمای صفت ۱۴ در جدول ۱-۳ (شکل برگ)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)



شکل ۳-۳ - راهنمای صفت ۱۷ در جدول ۱-۳ (نیم رخ برگ در برش عرضی)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)



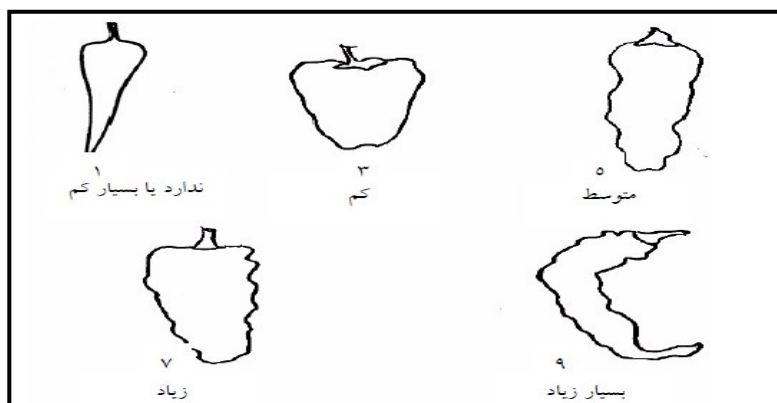
شکل ۳-۴ - راهنمای صفت ۱۹ در جدول ۳- (وضعیت دمگل)
(رضوی و همکاران ۱۳۹۰; Code, 2015)



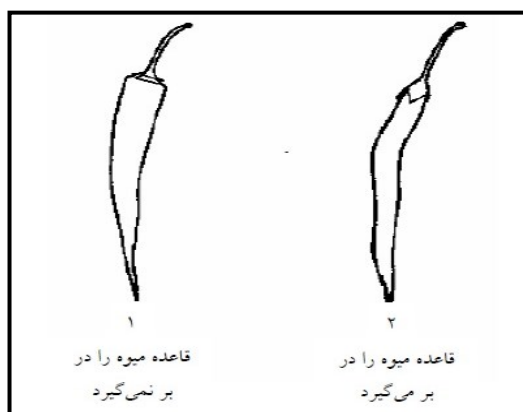
شکل ۳-۵ - راهنمای صفت ۲۸ در جدول ۳- (شکل میوه در برش طولی)
(رضوی و همکاران ۱۳۹۰; Code, 2015)



شکل ۳-۶ - راهنمای صفت ۳۰ در جدول ۱-۳ (موج‌دار بودن برون بر میوه در قسمت قاعده)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)



شکل ۳-۷ - راهنمای صفت ۳۱ در جدول ۱-۳ (موج‌دار بودن برون بر میوه به‌جز در قسمت قاعده)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)



شکل ۳-۸ - راهنمای صفت ۴۴ در جدول ۱-۳ (وضعیت کاسه گل)
(Code, 2015; رضوی و همکاران ۱۳۹۰)

فصل چهارم

۴- تأثیر عوامل محیطی بر رشد و تولید فلفل

نور، مواد غذایی، رطوبت و دمای مناسب از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که محیط رشد باید در اختیار این گیاه قرار دهد. کنترل موارد ذکر شده به‌ویژه در شرایط گلخانه از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌عنوان مثال استفاده از نور مصنوعی (لامپ‌های سدیمی پرفشار^۱ به‌ویژه در کشت های گلخانه‌ای زمستانه رواج دارد. در این شرایط افزایش ۱ درصدی در نور گلخانه عملکرد را ۰/۸۱ درصد افزایش می‌دهد (Russo, 2012). رعایت تاریخ کشت مناسب برای برخورد نکردن مراحل حساس رشدی فلفل به دمای نامناسب نیز از عوامل محیطی تأثیرگذار بر عملکرد فلفل است. در شرایط گلخانه دمای مناسب با استفاده از سامانه‌های گرمایشی و سرمایشی مناسب ایجاد می‌شود. سامانه‌های خنک‌کننده مه پاش^۲ از جمله مواردی است که برای خنک کردن دمای گلخانه‌ها در تابستان استفاده می‌شود (Katsoulas et al., 2006). تامین مواد غذایی لازم، افزایش دی‌اکسید کربن در محیط‌های سرپوشیده و استفاده از انواع سامانه‌های آبیاری برای تأمین رطوبت کافی از جمله دیگر اقداماتی است که برای ایجاد محیط مناسب رشد فلفل ضروری است.

1 - High-pressure sodium

2- Fog cooling

۴-۱- تأثیر دما و رطوبت نسبی بر گیاه فلفل

با توجه به شرایط اقلیمی، تاریخ کاشت فلفل در هر منطقه تعیین می‌شود. در این رابطه دما نقش مهمی دارد. در ۱۰-۱۲ درجه سانتی گراد رشد گیاه فلفل متوقف شده و در ۶ درجه سانتی گراد برگ‌ها شروع به خشک شدن می‌کنند و گل‌ها عقیم می‌شوند. شرایط مشابهی در دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد اتفاق می‌افتد. فقدان دمای مطلوب می‌تواند باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول شود. دمای بهینه برای گیاه فلفل برای روز ۲۵-۲۸ درجه سانتی گراد و برای شب ۱۶-۱۸ درجه سانتی گراد است. دماهای کمینه، بیشینه و بهینه در مراحل مختلف رشد فلفل در جدول ۴-۱ و مقایسه گیاه فلفل با دیگر سبزیجات از نظر نوسانات دمایی در جدول ۴-۲ نشان داده شده است (Maynard and Hochmuth, 2007). عموماً فلفل‌های تند دماهای بالاتری نسبت به فلفل‌های شیرین تحمل می‌کنند. رطوبت نسبی مورد نیاز در مراحل مختلف رشدی فلفل دامنه‌ای از ۶۵ تا ۸۵ درصد دارد. رطوبت نسبی بیش از این مقدار باعث ایجاد اختلال در گرده‌افشانی شده و مانع توزیع یکنواخت دانه‌های گرده بر روی کلاله گل می‌شود.

جدول ۴-۱- راهنمای دمایی مراحل مختلف رشد برای تولید فلفل (قرمز و شیرین (Maynard and Hochmuth, 2007).

دما (درجه سانتی گراد)			
مرحله توسعه گیاه	کمینه	بهینه	بیشینه
جوانه‌زنی	۲۳	۲۶-۲۸	۳۰
رشد رویشی	۲۱	۲۳-۲۵	۲۸
شکل‌گیری اولیه میوه	شب ۱۵ و روز ۲۰	شب ۱۷-۱۸ و روز ۲۳-۲۵	شب ۲۰ و روز ۲۸
مرحله رنگ‌گیری میوه	۱۸	۲۰-۲۴	۳۰

علاوه بر این رطوبت نسبی زیاد از دلایل توسعه چندین نوع بیماری روی اندام‌های هوایی گیاه است. از سوی دیگر رطوبت نسبی کم، باعث خشک شدن دانه‌های گرده و جلوگیری از رشد آن‌ها بر روی کلاله گل می‌شود. در این حالت میوه‌های کوچک و دارای شکل غیرطبیعی به وجود می‌آید. در صورتی که رطوبت نسبی پایین و دما بالا باشد، گیاه دچار پژمردگی موقت شده و بیماری پوسیدگی انتهایی میوه افزایش می‌یابد.

• گرده‌افشانی فلفل به کمک باد و حشرات انجام می‌شود. گرده‌افشانی در زمین‌های باز بهتر از شرایط گلخانه انجام می‌شود زیرا باد طبیعی در این شرایط بهتر است.

• در شرایط طبیعی، جوانه‌های گل با ترشح اکسین موجب افزایش رشد را فراهم می‌کند. در شرایط تنش‌های شدید افزایش اتیلن موجبات ریزش گل‌ها ظرف ۲ روز می‌شود. در چنین شرایطی میوه‌های باقی‌مانده، بزرگ‌تر از حد معمول بوده و گیاه سعی می‌کند با تولید بذر بیشتر بقا نسل خود را تضمین کند. وقتی تشکیل میوه گیاه در شرایط هوایی خیلی سرد انجام شود (مشابه گرما) تولید میوه‌های بدشکل و کوچک افزایش می‌یابد.

جدول ۴-۲ - واکنش فلفل به نوسانات دمایی روز و شب در مقایسه با سایر سبزیجات (Maynard and Hochmuth, 2007).

نام گیاه	واکنش به نوسان*
کلم بروکلی	۳
کلم بروکسل	۳
کلم معمولی	۳
طالبی	۳
خیار	۱-۲
بادمجان	۳
فلفل	۱-۰
کدو	۲
گوجه	۲
هندوانه	۳

* - عدد صفر بیانگر عدم تأثیر و عدد ۳: بیانگر حداکثر تأثیر

دمای خاک نیز می‌تواند برای پیش‌بینی مدت جوانه‌زنی بذر فلفل ملاک عمل قرار گیرد. در این حالت جدول ۳-۴ می‌تواند به‌عنوان راهنما استفاده شود (Maynard and Hochmuth, 2007).

جدول ۳-۴ - تأثیر دمای خاک بر مدت جوانه‌زنی بذر فلفل
(Maynard and Hochmuth, 2007).

دمای خاک (درجه سانتی‌گراد)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
جوانه‌زنی (روز)	۰	۰	۰	۲۵	۱۳	۸	۸	۹	۰

۴-۲- گرده‌افشانی فلفل

فلفل گیاهی حساس به سرما بوده و دمای پایین موجب افت شدید محصول می‌شود. گونه‌های *Capsicum* خودگشن بوده و رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد برای میوه‌دهی آن رطوبتی مطلوب محسوب می‌شود. با رطوبت نسبی ۹۰ درصد و بیشتر دانه‌های گرده امکان ریزش ندارند. به همین دلیل ممکن است در شرایط ابری گرده‌افشانی به‌خوبی انجام نشود. در چنین شرایطی برای گرده‌افشانی بهتر ممکن است با ضربه زدن به سیم‌های داربست، استفاده از تکان دهنده‌های دستی یا موتوری و یا دمنده‌ها گرده‌افشانی را بهبود بخشید. باروری گل‌ها ۴۸ ساعت پس از گرده‌افشانی انجام می‌شود (Sweat et al., 2016).

دو ساعت بعد از طلوع آفتاب گل‌های فلفل باز می‌شوند. شکوفایی بساک‌ها با توجه به شرایط محیطی و رقم ۳۰ دقیقه بعد از باز شدن گل‌ها و در برخی اوقات ۱۰-۵ ساعت بعد از باز شدن گل‌ها انجام می‌شوند. جام گل ساعت ۶/۳۰ تا ۷/۳۰ بعد از ظهر بسته‌شده و صبح روز بعد دوباره باز می‌شود. طول عمر جام گل ۳ تا ۵ روز بوده و بعد از آن از بین می‌رود. به نظر می‌رسد قدرت پذیرش دانه گرده توسط کلالة ۲۴ ساعت باشد. تفاوت زمانی بین پذیرش دانه گرده توسط کلالة و آزاد شدن گرده‌ها زمانی است که برای دگرگرده‌افشانی مورد توجه قرار می‌گیرد (۷ صبح تا ۱۱ صبح). مشاهدات مزرعه‌ای نیز تأیید می‌کنند که کلالة گل قبل از اینکه بساک‌ها باز شوند از دانه گرده پوشیده می‌شود. بنابراین شرایط دگرگرده‌افشانی طبیعی فراهم است. از دید یک زنبورگل‌های فلفل رنگ روشن تری نسبت

به سایر گل‌ها داشته و دانه گرده و شهد کمتری تولید می‌کنند، بنابراین جذابیت کمتری برای زنبورها دارند. گل‌های فلفل معمولاً بوی چندانی ندارند اما تولید شهد کرده و این شهد در پایه گل ذخیره می‌شود. به هر حال با توجه به نوع رقم و مقدار شهد تولیدی زنبور عسل و زنبورهای بومی می‌توانند در گرده‌افشانی مؤثر باشند. مطالعات کمی در مورد دگرگرده‌افشانی فلفل انجام شده و اطلاعات کافی در مورد عوامل مؤثر در دگرگرده‌افشانی فلفل (مثل تأثیر محل، تأثیر زمان از سال، جمعیت حشرات و شرایط اقلیمی) موجود نیست. به همین دلیل حتی در مورد فاصله ایزولاسیون مزارع نیز اتفاق نظر وجود ندارد و این فاصله ممکن است ۱۵ متر، ۱۵۰ متر، ۴۰۰ متر و بیشتر عنوان شود (Russo, 2012).

میوه‌ها در برخی از ارقام به حالت عمودی و در برخی ارقام به حالت آویزان است. اندازه میوه ممکن است از کوچک (توت مانند) تا بسیار بزرگ متفاوت باشد. شکل میوه‌ها ممکن است بلند و کشیده، مخروطی شکل یا پهن باشد. پوسته (دیواره میوه) در ضخامت‌های مختلف یافت می‌شود. اگرچه اندازه میوه و شکل به صورت ژنتیکی از پیش تعیین شده‌اند، اما شرایط محیطی (نور، دما و وضعیت مواد مغذی و...) می‌تواند باعث تغییر بیان ژن‌هایی شود که روی شکل و اندازه میوه تأثیر گذارند. در دمای روز بیش از ۳۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی پایین، میوه‌ها بدشکل و کوچک و دانه‌ها عمدتاً در بخش پایینی میوه تشکیل می‌شوند. دانه‌ها کرم مایل به قهوه‌ای یا تیره مایل به قهوه‌ای هستند. به جز در گونه *Capsicum pubescens* بذرها فاقد کرک هستند. تعداد بذر فلفل در هر اونس (۳۱ گرم) برابر ۴۵۰۰ تا ۴۷۰۰ عدد است. بذرهای فلفل به‌ویژه در ارقام وحشی دارای خواب بوده و این سازوکار آن‌ها را برای جوانه‌زنی در محیط‌های مختلف یاری خواهد کرد. در برخی شرایط، بذر میوه‌های تازه برداشت‌شده گونه *C. annuum* (با وزن هزار دانه ۶/۵ گرم) دارای جوانه‌زنی کمی بوده و نیاز به یک دوره پرسی دارند. در این دوره بذرها از نظر فیزیولوژیک آمادگی جوانه‌زنی پیدا می‌کنند. مشکل جوانه‌زنی کم بذرهای تازه برداشت‌شده را می‌توان با ذخیره آن‌ها در انبار در دمای پایین به مدت ۶ ماه برطرف کرد (Bosland et al., 2012).

۴-۳- عوامل مؤثر بر عقیم شدن اندام‌های تولیدمثلی در فلفل

سقط^۱ اندام‌های تولیدمثلی در فلفل شیرین امری معمول محسوب می‌شود که حتی در محیط‌های گلخانه‌ای با رعایت موارد دقیق و کنترل شرایط محیطی به وقوع می‌پیوندد. در این حالت دوره‌های عقیم شدن در مقدار زیاد و دوره‌های عقیم شدن در مقدار کم به صورت متناوب دیده می‌شود. این الگوی دوره‌ای^۲ تقریباً هم‌زمان برای همه کشاورزان یک منطقه دیده می‌شود. به همین دلیل در یک ناحیه چند هفته عملکرد فلفل بالا و قیمت آن پایین و چند هفته دیگر عملکرد پایین و قیمت بالا است. عقیم شدن یا سقط به توقف مرحله رشد و نمو یک اندام گفته می‌شود که پس از آن معمولاً از گیاه مادر جدا می‌شود. اندام سقط شده ممکن است جوانه، گل یا میوه جوان باشد. عوامل مؤثر بر سقط اندام‌های تولیدمثلی عبارت‌اند از: عوامل محیطی (نور، دما و دی‌اکسید کربن)، مرحله توسعه رشد گیاه (رقابت اندام‌های تولیدمثلی) و موارد مدیریتی (انتخاب رقم، هرس و ...) (Wubs et al., 2009).

۴-۳-۱- عوامل محیطی

نور اولین عامل تعیین‌کننده محیطی در رابطه با سقط اندام‌های تولیدمثلی است. شدت، طول مدت (فتوپریود) و کیفیت سه جنبه مختلف نورتابشی است. اثرات شدت نور بر سقط میوه‌ها بیشتر از کیفیت نور (طول‌موج) مورد توجه پژوهشگران بوده است. شدت نور زیادتر موجب کاهش سقط میوه‌ها می‌شود. در پژوهشی تأثیر شدت نور در دامنه ۲۰۰ تا ۹۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بر ۵ رقم فلفل *Capsicum annuum* L. در ۱۵ روز اندازه‌گیری و مشخص شد با افزایش شدت نور میزان سقط در رقم فلفل دلمه‌ای (رقم ۸۹۹) از ۱۰۰ به ۱۵ درصد کاهش یافت. در فلفل قرمز رقم Lehava میزان کاهش سقط از ۲۱ درصد به صفر رسید و در سه رقم دیگر اعداد حالت بینابینی (فلفل دلمه‌ای و فلفل قرمز) داشتند. در پژوهش‌هایی که تأثیر سایه‌اندازی بر سقط اندام‌های زایشی بررسی شده

1- Abortion

2- Flushing

نیز سایه اندازی ۴۰ تا ۸۰ درصد، مقدار سقط را افزایش داده است. در پژوهشی در کانادا طول دوره روشنایی طبیعی با استفاده از نور مصنوعی (لامپ سدیمی فشارقوی ۱۱۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) به ۱۶، ۲۰ و ۲۴ ساعت افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد عملکرد در واحد سطح در نور به مدت ۱۶، ۲۰ و ۲۴ ساعت به ترتیب برابر با ۷۸، ۹۷ و ۸۳ میوه در مترمربع بود. برای شرایط نور طبیعی عملکرد ۶۹ عدد میوه در مترمربع بود. در شرایط نور دائم تعداد گره ها ۱۰ درصد افزایش یافت (Erickson and Markhart, 2002). غلظت دی اکسید کربن محیط رشد نیز از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد فلفل است. کاربرد دی اکسید کربن با غلظت ۴۵۰ میکرومول بر مول به مدت سه ماه در مقایسه با غلظت معمول آن (۳۴۴ میکرومول بر مول) تعداد میوه را از ۳۶ به ۵۵ میوه در مترمربع افزایش داد. گزارش های دیگر نیز نتایج مشابهی داشته اند. به عنوان مثال با افزایش غلظت دی اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۰۰ میکرومول بر مول در طول روز افزایش ۲۲-۱۸ درصدی عملکرد و یا افزایش دی اکسید کربن از ۳۸۰ به ۷۸۰ میکرومول بر مول افزایش ۵۸ درصدی تعداد میوه مشاهده شده است. به نظر می رسد استفاده از دی اکسید کربن در طول دوره رشد گیاه نسبت به استفاده مقطعی آن تأثیر بیشتری بر عملکرد دارد (Aloni and Karni, 2002).

دما نیز از عوامل تأثیرگذار بر سقط اندام های تولیدمثلی است. در پژوهشی بر روی فلفل دلمه ای رقم Delphin در طول یک دوره ۱۹ هفته ای، افزایش دما از ۱۶ به ۲۴ درجه سانتی گراد (میانگین ۲۴ ساعت) موجب افزایش سقط از ۵۹ به ۸۳ درصد شد. با افزایش دمای شب مقدار افزایش سقط محسوس تر بود. در پژوهش دیگری کاهش دمای شب از ۲۴ به ۱۵ درجه سانتی گراد (دمای روز ۲۶ درجه سانتی گراد بوده است) موجب کاهش سقط از ۸۸ درصد به ۷۰ درصد شد. استفاده از دمای ثابت ۳۳ درجه سانتی گراد به مدت ۴ روز موجب سقط ۱۰۰ درصدی گل ها شده است. در برخی دیگر از پژوهش ها نیز کاربرد دمای ۳۳ درجه سانتی گراد بیش از ۴۸ ساعت موجب افزایش قابل توجه سقط اندام های تولیدمثلی شد. برخی پژوهشگران معتقدند دمای بیش از ۳۰ درجه سانتی گراد موجب افزایش سقط گل، جوانه و میوه فلفل می شود. تنش دمایی ۳۳ درجه سانتی گراد در

اوایل توسعه جوانه‌های گل (کمتر از ۲/۵ میلی‌متر) موجب بدشکلی دانه‌های گرده و کاهش قدرت جوانه‌زنی آن‌ها می‌شود. در برخی از ارقام فلفل تنش گرمایی بر تعداد دانه گرده تأثیر زیادی نداشته ولی موجب کاهش شدید قدرت جوانه‌زنی آن‌ها بر روی کلالة می‌شود. کاهش ناگهانی دمای شب از ۲۱ به ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله کوچک بودن جوانه‌ها (کمتر از ۵ میلی‌متر) نیز موجب بدشکلی و کاهش قدرت حیات دانه‌های گرده در فلفل شیرین می‌شود. علاوه بر این در برخی پژوهش‌ها به تأثیر نوسانات دمایی بر کاهش تعداد دانه گرده، توانایی کمتر کلالة در پذیرش دانه‌های گرده، توان کمتر رشد لوله گرده، ایجاد تخمدان‌های بزرگ با خامه کوتاه نیز اشاره شده است. اندام‌های نر گل فلفل به تنش‌های دمایی نسبت به اندام‌های ماده حساس‌تر هستند. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند تلقیح گل‌های فلفل قرار گرفته در معرض تنش دمایی با دانه گرده گل‌هایی که در دمای مناسب رشد یافته‌اند منجر به تولید میوه‌های نرمال می‌شود. دماهای نامناسب با کاهش تعداد دانه گرده لازم برای باروری موجب کاهش تعداد دانه در میوه فلفل می‌شود. در پژوهشی دیگر، با افزایش دمای شب از ۱۵ به ۲۴ درجه سانتی‌گراد (با دمای ثابت ۲۶ درجه سانتی‌گراد در روز)، درصد میوه‌های بدون دانه از ۳۴ درصد به ۱ درصد کاهش یافت و تعداد بذر نیز از ۵۴ به ۱۰۶ عدد افزایش داشت (Erickson and Markhart, 2002; Bakker, 1989a).

مقدار رطوبت نسبی هوا می‌تواند بر سقط اندام‌های تولیدمثلی فلفل تأثیرگذار باشد. مقدار سقط اندام‌های تولیدمثلی با استفاده از رطوبت نسبی ثابت ۵۵، ۸۰ و ۹۵ درصد در یک دوره یک‌ماهه بین ۱۶ تا ۱۹ درصد ثابت بود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای رطوبتی اعمال شده مشاهده نشد. با این وجود تعداد میوه در رطوبت نسبی ۹۵ درصد کمتر بود. تعداد گل و میوه با رطوبت نسبی در شب و سقط میوه‌ها با رطوبت نسبی در روز همبستگی منفی داشت (Baër and Smeets, 1978).

آب و تأمین مواد غذایی نیز نقش به سزایی در مقدار سقط اندام‌های زایشی دارند. تنش رطوبتی (تأمین آب بر اساس ۲۵ درصد تبخیر و تعرق) نسبت به شرایط طبیعی (تأمین آب بر اساس ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق) موجب افزایش سقط از ۵۱ به ۸۳ درصد در رقم

Blue Star شد. در پژوهش دیگری در مورد رقم Sonora، آبیاری در ۷۵ درصد تبخیر و تعرق تأثیر معنی داری بر سقط اندام‌های زایشی نسبت به آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق نداشت. در بسیاری از پژوهش‌ها عملکردهای بالاتر فلفل آبیاری شده بدون تنش رطوبتی در مقایسه با شرایط تنش گزارش شده اما اشاره‌ای به میزان سقط اندام‌های زایشی نشده است. در پژوهشی برای مقایسه تأثیر سطوح مختلف مواد غذایی بر سقط اندام‌های زایشی، سه غلظت مواد غذایی شامل ۳، ۵ و ۱/۲۵ میلی مول به ترتیب برای نیتروژن، پتاسیم و فسفر و همچنین غلظت معادل دو و سه برابر مقادیر غلظت اول در گیاهان پرورش یافته در محیط حاوی پرلایت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین تعداد گل و میوه در غلظت‌های بالاتر مواد غذایی مشاهده شدند (Fernandez et al., 2005).

۴-۳-۲- رشد و توسعه گیاه

• رقابت قبل از تشکیل میوه: رقابت ایجاد شده بین اندام‌های گیاهی قبل از تشکیل میوه در بسیاری از گیاهان مثل گوجه‌فرنگی و طالبی موجب افزایش سقط اندام‌های تولید مثلی می‌شود. در فلفل شیرین رقم Mazurka، میزان سقط گل‌ها با حفظ ۴ میوه (هر کدام با سن ۱۵-۱۰ روز) روی گیاه، معادل ۱۰۰ درصد بود. در زمانی که ۲، ۱ و صفر میوه بر روی بوته حفظ شد درصد سقط گل‌ها به ترتیب به ۸۸، ۵۸ و ۸ کاهش یافت. موقعیت قرار گرفتن میوه‌ها نیز بر مقدار سقط اندام‌های زایشی تأثیر گذار است. میوه‌ای که بیش از حد پایین بر روی ساقه قرار دارد (یک یا دو گره پایینی) و یا بیش از حد بالا بر روی ساقه (بالاتر از هشتمین گره از قاعده ساقه) موجب سقط ۱۰-۰ درصد گل و میوه‌ها می‌شود، این عدد برای میوه‌ای که در گره‌های ۳ تا ۵ (از پایین گیاه) قرار دارد معادل ۵۰-۳۰ درصد است. وقتی که میوه‌ها زودتر برداشت شوند (۱۰ روز پس از گل دهی) مقدار سقط گل‌ها در گیاه را در مقایسه با میوه‌هایی که دیرتر برداشت می‌شوند (یک ماه پس از گل دهی) کاهش می‌دهد (Marcelis et al., 2004).

• رشد ریشه: اگرچه گیاهانی با رشد ریشه محدود اندام‌های هوایی و تعداد میوه کمتری نیز دارند، اما در برخی از پژوهش‌ها نشان داده شده است که هرس ریشه و کاهش

۵۰ تا ۷۵ درصد ریشه‌ها تأثیری بر تعداد و وزن میوه‌های فلفل دلمه‌ای نداشته است (Karni et al., 2000).

• بذر: داشتن تعداد زیاد بذر در میوه احتمال سقط همان میوه را کاهش می‌دهد اما با توجه به رشد نامحدود اندام‌های هوایی، احتمال سقط میوه‌هایی که با تأخیر تشکیل می‌شوند افزایش می‌یابد. تأثیرات مثبت تعداد بذر بر کاهش سقط، با تعداد بذر متوسط در میوه یعنی حدود ۵۰-۱۰۰ عدد بذر حاصل می‌شود (Marcelis and Baan Hofman, 1997).

۴-۳-۳- عملیات زراعی

• کاشت و تراکم ساقه: تراکم کاشت بر کمیت نور دریافتی توسط قسمت‌های مختلف گیاهی تأثیرگذار است. در پژوهشی، افزایش تراکم کاشت از ۱/۶ به ۴/۶ بوته در مترمربع مقدار سقط گل و میوه‌های جوان را از ۶۹ به ۸۶ درصد افزایش داد. فلفل‌هایی که به‌منظور ادویه مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً در دامنه وسیعی از تراکم‌ها (۱/۳-۵۳) بوته در مترمربع) کشت می‌شوند. در این شرایط وقتی تعداد گیاه از ۱/۳ به ۱۰ بوته در مترمربع افزایش می‌یابد تعداد میوه در گیاه از ۳۵ به ۱۰ میوه در هر گیاه کاهش می‌یابد (افزایش سقط)، اما در تراکم‌های بالا (بیش از ۲۰ بوته در مترمربع) تعداد میوه در هر گیاه کم‌وبیش ثابت گزارش شده است (۵ میوه در هر بوته). افزایش تعداد شاخه‌ها نیز می‌تواند تراکم گیاهی و تعداد میوه در واحد سطح را افزایش دهد (البته نسبتاً کمتر از افزایش تراکم ناشی از افزایش تعداد بوته در واحد سطح) که این امر بر افزایش سقط گل‌ها و میوه‌های جوان دلالت ضمنی دارد. باوجود سقط کمتر گل و میوه در تراکم‌های پایین، این امر به دلیل افت عملکرد به‌عنوان یک سازوکار زراعی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (Cavero et al., 2001; Marcelis et al., 2004).

• هرس و موقعیت میوه: از هر گیاه با دو ساقه، ساقه بزرگ‌تر حفظ شده (ساقه اصلی) و ساقه کوچک‌تر در مرحله یک تا دوبرگی حذف می‌شود (شاخه فرعی). شدت هرس گیاه می‌تواند بر سقط گل و میوه تأثیر داشته باشد. وجود گل بر روی شاخه جانبی می‌تواند سبب ۴۰ درصد سقط میوه‌ها گردد اما در شرایط عدم وجود گل روی شاخه جانبی ۱۰

درصد میوه‌ها دچار سقط می‌شوند. گل‌های موجود در شاخه‌های جانبی معمولاً عقیم می‌باشند. برخی از تحقیقات نیز نشان می‌دهند گل‌های موجود بر روی شاخه جانبی ۲۱ درصد بیشتر از گل‌های روی شاخه اصلی دچار سقط می‌شوند (Cebula and Kalisz, 2001).

• رقم: درصد سقط میوه‌ها در ارقام با اندازه متفاوت میوه، متغیر است. فلفل‌های قرمز با وزن خشک ۲-۴ گرم (میوه کوچک‌تر) سقط میوه‌ی کمتری (۴۸-۴۱ درصد) نسبت به فلفل‌های شیرین دارای میوه‌های بزرگ‌تر (۹-۱۴ گرم ماده خشک و ۸۹-۸۱ درصد سقط) دارند. علاوه بر این، ارقام فلفل حساسیت متفاوتی نسبت به تنش نور و دما دارند. به نظر می‌رسد ارقام حساس به نور کم، به دمای بالا نیز حساس هستند (Marcelis *et al.*, 2004).

۴-۴- دوره‌های حساس به سقط گل و میوه

یک گل یا میوه در بخشی از مرحله توسعه به سقط حساس است. پس از گذراندن این مرحله میوه به مرحله رسیدگی می‌رسد. اکثر گل‌ها در ارقام فلفل شیرین (مثل Gepetto, Funky و Nazar) دو هفته پس از گرده‌افشانی دچار سقط می‌شوند. برای فلفل‌های تند این دوره به ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی کاهش می‌یابد. در برخی از ارقام فلفل حساسیت به نور کم، در فاصله زمانی یک هفته قبل از گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از گرده‌افشانی است. به هر حال ممکن است در ارقام مختلف حساسیت‌های ویژه‌ای به سقط گل و میوه مشاهده شود (Wubs *et al.*, 2009). رعایت دما و رطوبت مناسب در زمان‌های بحرانی ذکر شده برای کاهش سقط گل و میوه‌ها ضروری است.

فصل پنجم

۵- تولید فلفل

۵-۱- مراحل تولید فلفل

اگرچه تولید فلفل به صورت کشت مستقیم از گذشته‌های دور در مناطقی با طول دوره رشد طولانی انجام می‌شده است اما کشت مستقیم فلفل در زمین اصلی معمولاً مورد توجه کشاورزان نیست و ترجیح داده می‌شود فلفل در گلخانه کشت و سپس نشاها به زمین اصلی منتقل شوند. دلایل عدم علاقه کشاورزان به کشت مستقیم عبارت‌اند از:

- ۱- گران بودن بذرها و هبیرید مورد نیاز برای کشت مستقیم
- ۲- کنترل مشکل تر علف‌های هرز در کشت مستقیم نسبت به کشت نشائی
- ۳- برای کشت مستقیم و به‌ویژه برای تهیه بستر کاشت مناسب با عمق مطلوب نیاز به ادوات کشت دقیق و پرهزینه است.
- ۴- به دلیل کوچک بودن بذر فلفل دقت زیادی نیاز است که این بذرها با آب شسته نشده و یا در عمق زیاد خاک قرار نگیرد.
- ۵- تاریخ برداشت فلفل‌ها در کشت مستقیم حداقل ۳ تا ۴ هفته دیرتر از فلفل‌های نشائی خواهد بود.

با وجود تمام موارد مطرح شده در مناطقی که بذر ارقام آزادگرده افشان مورد استفاده قرار می‌گیرد، به دلیل قیمت پایین‌تر این ارقام نسبت به بذور هبیرید، کشت مستقیم فلفل

همچنان مور توجه کشاورزان است. در کشت مستقیم درصد جوانه‌زنی و سرعت استقرار بوته از موارد مهم تولید فلفل محسوب می‌شود. به همین دلیل تکنیک‌های پوشش‌دار کردن بذور، انواع پرایمینگ (با آب و مواد شیمیایی) و استفاده از هورمون‌های تحریک‌کننده جوانه‌زنی مثل جیبرلیک اسید در این رابطه مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که ایجاد پوشش بر روی بذور در برخی از مواقع مانع رسیدن اکسیژن لازم برای جوانه‌زنی می‌شود و تأثیرات مثبت پرایمینگ نیز در سطح مزرعه کمتر به ظهور می‌رسد (Halmer, 2008).

۵-۲- تولید نشاء فلفل

تولید نشاء فلفل و سپس انتقال آن به زمین اصلی باعث کاهش مقدار بذر مصرفی، استقرار بهتر گیاه، عدم نیاز به تنک کردن و کاهش آب مورد نیاز جهت جوانه‌زنی می‌شود. کشت نشاء فلفل در گلخانه یا در فضای باز انجام می‌شود. گیاهان ممکن است در زمان انتقال به زمین اصلی دارای ۴ تا ۵ برگ حقیقی باشند (Kelley et al., 2009).

روش‌های جدید تولید در کشاورزی که با ورود بذرهای هیبرید فلفل به بازار همراه شده است، زمینه را برای کشت نشائی فلفل بجای کشت مستقیم فراهم کرده است. علیرغم هزینه‌های سنگین آبیاری تحت فشار و خاک‌پوش‌های پلاستیکی کشاورزان از استقرار اولیه فلفل در کشت مستقیم راضی نبوده و به همین دلیل به کشت‌های نشائی علاقه نشان می‌دهند. با این وجود کشاورزان علاقه‌مند به این نیستند که خود نشاء تولید کنند بلکه مایل به خرید آن در زمان مناسب هستند. پرورش نشاء ۵۰-۴۰ روز قبل از کشت اصلی انجام می‌شود؛ بنابراین کشاورز برای تأمین نشاء مورد نظر خود باید قبلاً با تولیدکننده‌های نشاء در زمینه رقم مورد نیاز و مقدار آن مذاکره کند. معمولاً تولیدکننده‌های نشاء از سینی یا جعبه‌های نشاء برای تولید استفاده می‌کنند. محل تولید نشاء می‌تواند گلخانه، اتاق‌هایی که با پلاستیک پوشیده شده باشند و یا تونل‌های پلاستیکی باشد. ممکن است بخشی از مزرعه به تولید نشاء اختصاص داده شده و در زمان مناسب نشاهای باریشه لخت از زمین بیرون کشیده شده، دسته‌بندی شده و به متقاضیان ارائه شود. البته این نوع تولید نشاء به دلیل کنترل ناقص بیماری‌ها و عدم توانایی در کنترل دما کمتر مورد توجه است. نسبت به نشاء سایر

گیاهان، نشاء فلفل کند رشد است و یک فاصله زمانی ۷-۵ هفته‌ای نیاز است تا بتوان نشاها را به راحتی حمل و نقل کرد. بهترین دمای جوانه‌زنی بذر فلفل ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. نوسانات دمایی باعث تأخیر در جوانه‌زنی می‌شود. در گلخانه‌هایی که فلفل در معرض نور مستقیم خورشید قرار گیرد و دما به ۳۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، احتمال خسارت هم به جوانه‌زنی و هم به نشاء در حال رشد وجود دارد. هر ۲۰۰ گرم بذر فلفل با توجه به نوع رقم و درصد قوه نامیه می‌تواند ۱۰۰۰۰ گیاه چه تولید کند (شکل ۵-۱) (Sinha and Peterson, 2011). برخی از شرکت‌ها بذر فلفل را در بسته‌هایی که مقدار بذر در آن‌ها شمارش شده به بازار عرضه می‌کنند. برای انتقال نشاء ممکن است از فوم (Styrofoam)، سینی پلاستیکی با کف مسطح، گلدان‌های پلاستیکی و یاسینی‌های پلاستیکی فشرده شده استفاده شود (شکل ۵-۲). برای تولید نشاء سینی‌هایی با سلول ۲/۵ تا ۴ سانتی‌متری توصیه شده است. سلول‌های با این ابعاد می‌تواند نشاهایی به طول ۱۰ تا ۱۶ سانتی‌متری تولید کند. بستر لازم برای تولید نشاء عمدتاً از ترکیبات نرم (پیت) تشکیل شده که ممکن است با کودهای شیمیایی غنی شده و یا نشده باشد. در صورتی که بخواهیم از کودهای کامل محلول در آب آبیاری استفاده کنیم مقدار آن ۵۰ قسمت در میلیون در هر نوبت آبیاری است. اگر در هر نوبت آبیاری کود مصرف نشود، آنگاه می‌توان به صورت متناوب (هر سه یا چهار آبیاری) کود را با غلظت ۲۰۰ قسمت در میلیون بکار برد. هدایت الکتریکی بستر در حد ۱ تا ۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مربع عدد قابل قبولی است



شکل ۵-۱- بذر یکنواخت فلفل سمت راست و کشت بذر در سلول‌های سینی پلاستیکی سمت چپ (Sinha and Peterson, 2011)



شکل ۵-۲: انواع گلدان و سینی جهت تولید نشاء فلفل
(Sinha and Peterson, 2011)

۵-۳- انتخاب رقم

انتخاب رقم بر اساس پتانسیل عملکرد، کیفیت، بازارپسندی، مقاومت به بیماری‌ها و طول دوره رشد انجام می‌شود. یک رقم ممکن است عملکردهای متفاوتی در شرایط اقلیمی مختلف داشته باشد. در انتخاب رقم نباید تنها عامل مدنظر، عملکرد باشد. به عنوان مثال ممکن است برای یک ناحیه به رقمی نیاز باشد که دارای حجم بالای از شاخ و برگ بوده و میوه‌ها را از آفتاب سوختگی محافظت نماید. ممکن است برای فروش، به رقمی با اندازه و شکل میوه مشخص نیاز باشد. مقاومت به بیماری‌ها و آفات یک منطقه ممکن است عاملی برای انتخاب رقمی خاص محسوب شود. بسیاری از ارقام تجاری فلفل دلمه‌ای متعلق به گروه *Capsicum annuum* هستند. برخی از ارقام فلفل دلمه‌ای تجاری در جدول ۵-۱ نشان داده شده‌اند (Seminis, 2017; Kelley et al., 2009).

۵-۳-۱- طبقه‌بندی نشاها

سه نوع نشاء برای کشت با نشاء کارها تولید می‌شود. نشاهای باریشه‌های لخت (بدون خاک)، نشاهای حاصل از سینی‌های نشاء و نشاهای گلدانی. نشاهای باریشه لخت مستقیم از خزانه به زمین اصلی انتقال می‌یابد (بدون هیچ خاک یا موارد مشابه). سینی‌های نشاء ممکن است دارای ابعاد مختلف (۵۰ تا ۸۰۰ سلولی) باشند. ترتیب سلول‌ها در سینی‌های ۱۲۸، ۲۰۰ و ۲۸۸ سلولی به ترتیب برابر ۱۶×۸، ۲۰×۱۰ و ۲۴×۱۲ خواهد بود. در مناطقی که به فلفل‌های زودرس نیاز باشد (طول فصل رشد کم) از سینی‌های ۷۲ یا ۱۲۸ سلولی استفاده شده و بستر کشت هر سلول ۳۵ تا ۴۳ سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته می‌شود. در مناطقی که به فلفل‌های دیررس نیاز باشد (طول فصل رشد زیاد) از سینی‌های ۲۰۰ سلولی با حجم خاک ۱۱ سانتی‌متر مکعب استفاده می‌شود. از سینی‌های ۱۲۸ سلولی نیز می‌توان برای تولید نشاء ارقام دیررس استفاده کرد. ماده اصلی بستر کاشت را پیت تشکیل داده و ممکن است با مواد مختلف دیگر مخلوط شود. مخلوط ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلیت و همچنین ۳۰ درصد پیت ماس و ۷۰ درصد کوکوپیت از جمله بسترهای متداول در این زمینه است. مدت‌زمان لازم برای رشد در سینی نشاء بستگی کامل به رقم (زودرس و یا دیررس) داشته و ممکن است ۵۰-۴۰ روز و یا بیشتر باشد. نوع دیگر نشاها، نشاهای گلدانی هستند. گلدان این نشاها در حقیقت از کاغذهای بازیافت شده مکعبی یا استوانه‌ای ساخته می‌شوند. برخی مواقع جنس این گلدان‌ها ممکن است از خزه یا ضایعات گیاهی و حتی خمیر چوب باشد. معمولاً محیط این گلدان‌ها مرطوب و سپس بذر در آن‌ها کاشته می‌شود. گلدان‌های کشت فضای بیشتری نسبت به سینی‌های کشت در اختیار رشد ریشه قرار می‌دهند. در انواع جدید گلدان‌های نشاء، از سامانه زنجیره‌ای استفاده می‌شود که شامل مجموعه‌ای از گلدان‌های پیوسته به هم است. این نوع گلدان‌های نشاء برای دستگاه‌های تمام‌خودکار که دارنده بخش‌های جداکننده گلدان‌ها از هم هستند، استفاده می‌شود (Russo, 2012).

تولید نشاء فلفل در محیط‌های کنترل‌شده دارای محاسنی است که برخی از آن‌ها عبارتند از: تولید سریع‌تر و یکنواخت‌تر نسبت به تولید نشاء در فضای آزاد، مدیریت بهتر

آبیاری و تغذیه، قابلیت نگهداری نشاها در گلخانه تا زمان مورد نیاز، استفاده بهینه و یکنواخت از فضای گلخانه به علت استفاده از ظروف کشت، قابلیت تولید گیاهانی سالم، ضخیم و با ارتفاع مناسب، توانایی استقرار بهتر نشاهای حاصله نسبت به نشاهای فضای آزاد و زودرسی نسبت به نشاهای فضای آزاد. هزینه‌های ثابت مربوط به گلخانه و تهیه سینی‌های نشاء و همچنین مدیریت فشرده مورد نیاز در این نوع از تولید نشاء از نقاط ضعف تولید نشاء در محیط‌های کنترل محسوب می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۶).

در ایران از دید موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، نشاء فلفل مورد تأیید در سطح تجاری باید دارای ویژگی‌هایی باشد که عبارت‌اند از: تولید نشاء در هر واحد گلخانه از یک رقم باشد، منبع تأمین بذر گواهی شده باشد، حداقل سن نشاء ۶-۷ هفته در نظر گرفته شود، حداکثر ارتفاع نشاء ۱۵ سانتی‌متر باشد، درصد آفت‌زدگی صفر درصد، علائم کمبود مواد غذایی صفر درصد، علائم بیماری‌های قارچی، ویروسی، باکتریایی وجود نداشته باشد، ریشه‌ها سفید و سالم و عاری از هرگونه صدمه مکانیکی باشند، نسبت ساقه به ریشه ۳ به ۱ باشد و حداکثر تعداد برگ‌های اصلی پنج عدد باشد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۵-۱: ویژگی‌های برخی از ارقام تجاری فلفل دلمه‌ای (Russo, 2012)

نام رقم	دوره رشد (روز)	رنگ میوه	شکل میوه	مقاومت به بیماری
X3R Aladdin	۷۰	سبز تا زرد	چهار گوش بزرگ	BLS, TMV
Alliance	۷۲	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS, PHY, CMV, PVY, PMV
X3R Aristotle	۷۲	سبز تا قرمز	سه تا ۴ پره	BLS, TMV, PVY
Brigadier	۷۱	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	BLS, PVY

نام رقم	طول دوره رشد (روز)	رنگ میوه	شکل میوه	مقاومت به بیماری
Camelot X3R	۷۵	سبز تا قرمز	کشیده	BLS, TMV
Commandant	۸۰	سبز تا قرمز	چهار گوش فرورفته	BLS, TMV, PVY, PMV
Crusader	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	BLS, TMV, PVY, S, PMV
Excursion II	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	BLS, TSW, TMV, PVY
Heritage	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS, TSW
King Arthur	۶۸	سبز تا قرمز	سه تا ۴ پره	BLS, TMV, PVY, TEV
Paladin	۷۲	سبز تا قرمز	چهار گوش فرورفته	PHY, TMV
Patriot	۷۰	سبز تا قرمز	چهار گوش فرورفته	BLS, PVY
Plato	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS, TSW
X3R Red Knight	۶۳	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	BLS, PVY
Revolution	-	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS, CMV, PHY
Sentry	۷۵	سبز تا قرمز	کاملاً چهار گوش	BLS, S
Stiletto	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS, TSW

نام رقم	طول دوره رشد (روز)	رنگ میوه	شکل میوه	مقاومت به بیماری
Summer Sweet 8610	۷۳	سبز تا زرد	چهار گوش فرورفته	BLS, TMV, PVY
X3R Wizard	۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش فرورفته	BLS, TMV
Allegiance	۷۰-۷۵	سبز تیره	کاملاً چهار گوش	PVY, TMV
Blitz	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	TMV
Early Summer	۷۰-۷۵	سبز تا زرد	چهار گوش	TMV, TSW
Gridiron	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش بزرگ	TMV
HM 2641	۷۰-۷۵	سبز	چهار گوش	TMV
Hunter	۷۰-۷۵	سبز	چهار گوش بزرگ	TMV
Intruder	۷۰-۷۵	سبز	چهار گوش	TMV
Myakka	۷۰-۷۵	سبز تیره	چهار گوش	-
Polaris	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	-
PS 09942815 (with TM X10R	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	TSW

نام رقم	طول دوره رشد (روز)	رنگ میوه	شکل میوه	مقاومت به بیماری
PS 9927141 (with (®X'5R	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS
PS 9915776 (®(with X5R	۷۰-۷۵	سبز	چهار گوش	BLS
PS 9928302 (®(with X5R	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS
PS 09979325 (with (™X10R	۷۴	سبز تا قرمز	چهار گوش	BLS
Tom Cat	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	-
Touchdown	۷۰-۷۵	سبز تا قرمز	چهار گوش	-
Vanguard	۷۰-۷۵	سبز	چهار گوش	-

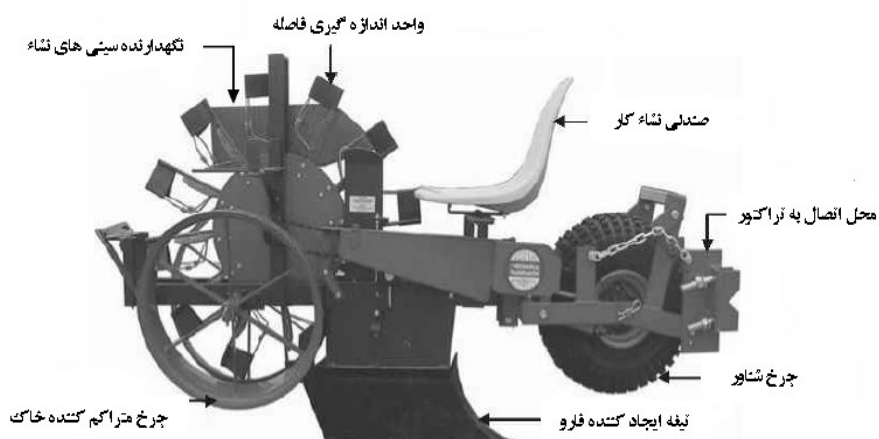
نام رقم	برخی ویژگی‌ها
Banana Pepper	رنگ میوه زرد روشن بوده ولی در زمان رسیدگی به نارنجی و قرمز تغییر رنگ می‌دهد. طعم ملایمی دارد و تندى آن حدود ۵۰۰ اسکویل است.
Banana Pepper	رنگ میوه زرد روشن بوده ولی در زمان رسیدگی به نارنجی و قرمز تغییر رنگ می‌دهد. طعم ملایمی دارد و تندى آن حدود ۵۰۰ اسکویل است.
Jalapeño pepper	این نوع فلفل که طرفداران زیادی در دنیا دارد از مکزیك منشأ گرفته است. طول میوه‌های آن ۶-۸ سانتی‌متر بوده و جهت مصارف آشپزی استفاده می‌شود. تندى آن دامنه‌ای از ۲۵۰۰ تا ۸۰۰۰ دارد.
Carolina Cayenne	این فلفل قلمی و کشیده بوده و طول آن به بیش از ۱۲ سانتی‌متر می‌رسد. جزو فلفل‌های با تندى ۱۰۰۰۰۰ تا ۱۲۵۰۰۰ اسکویل طبقه بندى می‌شود. رنگ میوه سبز و در حالت رسیدگی قرمز است.
Charleston Hot Peeper	این فلفل از کارولینای امریکا منشأ گرفته و جزو فلفل‌های با تندى ۷۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ اسکویل طبقه بندى می‌شود. میوه به رنگ‌های زرد روشن و قرمز وجود دارد.
Golden Cayenne Pepper	رنگ طلایی داشته و از امریکا منشأ گرفته است. تندى میوه آن بین ۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ اسکویل است.
Cayenne Chile Pepper	این فلفل به‌عنوان ادویه استفاده می‌شود بانام‌های فلفل پرنده یا آلووا نیز شناخته می‌شود و تندى آن معادل ۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ اسکویل است. رنگ میوه آن قرمز است.
Arapaho	میوه‌های این فلفل پر محصول و زودرس به رنگ سبز و قرمز دیده می‌شود. طعم مناسبی داشته و ا تندى ملایم تا نسبتاً تند دارد.
Ho Chi Minh	منشأ این فلفل ویتنام بوده و طول میوه‌های آن به بیش از ۱۲ سانتی‌متر می‌رسد. رنگ میوه‌ها زرد روشن تا لاکى بوده و تندى آن دامنه‌ای از ۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ اسکویل دارد.

نام رقم	برخی ویژگی‌ها
Ring-o-Fire Cayenne	طول میوه‌های این نوع فلفل به ۱۰ سانتی‌متر رسیده و رنگ آن در حالت رسیده قرمز آتشی است. تندی میوه معادل ۲۰۰۰۰ اسکویل است.
Dundicut Pepper	این فلفل بیشتر در پاکستان رشد می‌یابد و میوه‌های آن قرمز یا تیره‌رنگ هستند. تندی میوه معادل ۴۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ اسکویل است.
Yatsufusa	منشأ این فلفل کشور ژاپن است و با تندی میوه ۴۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ جزو گروه فلفل‌های تند است.
Tianjin (Tien Tsin)	نام این فلفل از یکی از شهرهای چین گرفته شده است. تندی این فلفل قرمز از ۵۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ متفاوت است.
Pequin Pepper	فلفلی قرمز رنگ و منشأ یافته از مکزیک است. برای درست کردن سس (سس معروف Cholula) از این نوع فلفل استفاده می‌شود. تندی آن دامنه‌ای از ۴۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ دارد.
Chille De Árbol	فلفل قرمز رنگ کوچک اسپانیایی است که با نام منقار پرنده نیز شناخته می‌شود. تندی میوه آن دامنه‌ای از ۳۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ اسکویل دارد.

۵-۳-۲- انواع نشاء کارها

نشاء کاری ممکن است به صورت دستی یا به صورت ماشینی انجام شود. هر ماشین نشاء کار معمولاً دارای چند جزء اصلی است که عبارت‌اند از: بخش نگهداری نشاء در سینی یا گلدان، بخش اندازه‌گیری فاصله به منظور داشتن فواصل یکنواخت، بخش قرار دهنده نشاء به صورت عمودی در سوراخ یا فارو و بخش فشار دهنده خاک اطراف نشاء (شکل ۵-۳). در برخی از نشاء کارها یک مخزن حاوی آب یا محلول کود نیز در نظر گرفته شده است (شکل ۵-۴). نشاء کارها ممکن است تمام خودکار یا نیمه خودکار باشند. در حالت نیمه خودکار نشاءها به صورت دستی از سینی نشاء به بخش کارنده و تعیین فاصله منتقل می‌شوند. پس از آن نشاءها به سوراخ‌های موجود در زمین منتقل می‌گردند. بر روی دستگاه، صندلی برای نشستن کارگر نشاء کار و انتقال نشاءها به صورت دستی در نظر گرفته شده

است. در نشاء کارهای تمام خودکار برداشتن نشاها از سینی‌های نشاء هم به وسیله خود دستگاه انجام شده و در نیروی کارگری صرفه جویی می‌شود. در حالت خودکار از سینی‌هایی که دارای چندین حفره کاشت بوده و گیاه چه‌ها به همراه خاک و ریشه آن‌ها در آن قرار گرفته، استفاده می‌شود. در حالی که در حالت نیمه خودکار ممکن است از گیاه چه‌های باریشه لخت (بدون خاک) نیز استفاده شود. دستگاه‌های نشاء کار ممکن است منگنه‌ای (Punch)، بیلچه‌ای (Dibble) یا چرخ‌دار به همراه تانک آب باشند. دستگاه‌های منگنه‌ای در مواقعی که در زمین از مالچ‌های پلاستیکی بکار برده شده استفاده می‌شود. در این حالت دستگاه با سوراخ کردن بخشی از پلاستیک، نشاء را در زمین قرار می‌دهد. دستگاه‌های بیلچه‌ای در زمین‌هایی کاربرد دارند که قبلاً به صورت کامل تهیه شده و این دستگاه‌ها با ایجاد سوراخ‌های منظم، اقدام به کشت نشاء می‌کنند. دستگاه‌های چرخ‌دار مجهز به تانک آب، شبیه دستگاه‌های منگنه‌ای بوده و سوراخ‌ها با تزریق آب و یا محلول کود پر شده و بلافاصله نشاء در آن قرار می‌گیرد. بعد از آن کارگر نشاء کار به صورت دستی خاک مرطوب شده را اطراف ریشه و پایین ساقه فشار می‌دهد. دستگاه‌های تمام خودکار می‌توانند به دو صورت ساخته شوند. در نوعی دیگر از دستگاه‌ها یک نفر به عنوان هدایت کننده دستگاه به حالت ایستاده در پشت دستگاه به حالت قدم زدن قرار می‌گیرد (walk-behind). این نوع نشاء کارها خود کششی بوده و معمولاً برای حداکثر ۴ ردیف کشت ساخته شده‌اند. در نوع دیگر دستگاه‌های تمام خودکار متصدی دستگاه سوار بر آن است (Riding type). این دستگاه‌ها ممکن است خود کششی بوده و یا توسط تراکتور کشیده شوند. در حالت خود کششی حداکثر ۴ ردیف نشاء و در حالتی که از تراکتور استفاده می‌شود، حداکثر ۸ ردیف نشاء کشت می‌شود. در دستگاه‌های نیمه خودکار متصدی دستگاه سوار بر آن بوده و این دستگاه‌های ۲ یا ۳ ردیفه ممکن است به حالت نصب شده بر روی یک شاسی مستقل باشند و یا به وسیله تراکتور کشیده شوند (Russo, 2012; Choon, 1999).



شکل ۳-۵- دستگاه نیمه خودکار با واحدهای نشاء کار پاکتی شکل برای نشاهای ریشه لخت که از سینی های نشاء تغذیه می شوند (Russo, 2012; Choon, 1999)



شکل ۴-۵- دستگاه نیمه خودکار با واحدهای کشت فنجانی شکل برای نشاهای گلدانی شکل (Russo, 2012; Choon, 1999)

۵-۴- جزئیات مکانیکی نشاء کارهای فلفل

نشاء کارهای فلفل شامل جعبه (یا سینی) نشاء، ، واحد ایجادکننده فارو ، واحد کاشت، دستگاه پوشاننده خاک ، دستگاه فشار دهنده خاک است. دستگاه‌های نیمه‌خودکار دارای صندلی کارگر نشاء کار بوده ولی دستگاه‌های تمام‌خودکار دارای ابزارهای هستند که نشاء را انتخاب و به واحد کارنده منتقل می‌کند. لوازم جانبی نشاء کارها شامل: بخش‌های برش دهنده و حذف‌کننده ضایعات، چرخ‌های گردان زمینی و تانک آب/کود می‌باشد.

۵-۴-۱- جعبه‌های نشاء یا سینی‌های نشاء

جعبه‌های نشاء برای نشاهای باریشه لخت و برای دستگاه‌های نیمه‌خودکار در نظر گرفته شده است (شکل ۵-۳). اگر از سینی‌های نشاء برای انتقال استفاده می‌شود از دستگاه‌های نیمه‌خودکار باقابلیت نگهداری ۴ تا ۶ سینی نشاء استفاده می‌شود (شکل ۵-۴). در دستگاه‌های تمام‌خودکار اگرچه از سینی‌های نشاء استفاده می‌شود ولی جهت قرار گرفتن سینی‌ها به صورتی است که دستگاه بتواند به صورت خودکار نشاءها را انتخاب نماید (Russo, 2012).

۵-۴-۲- بخش‌های جانبی

دیسک‌های برش دهنده واحدهایی هستند که کناره‌ی فاروها را برش داده و با حذف علف‌های هرز و بقایای گیاهی مسیر عبور را آزاد می‌کنند. به‌طور عمومی دوتیغه کفشکی وظیفه این برش را در خاک‌های خشک بر عهده‌دارند (شکل ۵-۴). در بسترهای جوی و پشته‌ای که حالت مرطوب دارند از فارو سازه‌های بیلچه‌ای مانند استفاده می‌شود (شکل ۵-۳). دستگاه‌های پوشاننده خاک غالباً دارای دو دیسک هستند. یکی فاصله بین ردیف‌ها را تنظیم می‌کند و چرخ شناور مسئول تنظیم مناسب عمق فارور است. در بسیاری از مدل‌ها این چرخ باعث حرکت واحد کارنده نیز می‌شود. در برخی دیگر از نشاء کارهای اتوماتیک تنظیم ارتفاع و عمق از طریق سامانه هیدرولیک انجام می‌شود. یک جفت چرخ فشار دهنده که در قسمت پایین به سمت داخل کج شده وظیفه فشار خاک به اطراف نشاء را بر عهده دارد (شکل ۵-۳) (Srivastava et al., 2006).

۵-۴-۳- واحد کاشت

تنظیم فاصله بین نشاها وظیفه این بخش از دستگاه‌های نشاکار است. نشاها به صورت عمودی در خاک قرار گرفته و خاک اطراف آن‌ها را می‌پوشاند. انواع مختلف واحد کاشت عبارت‌اند از:

۵-۴-۳-۱- واحد کاشت پاکتی

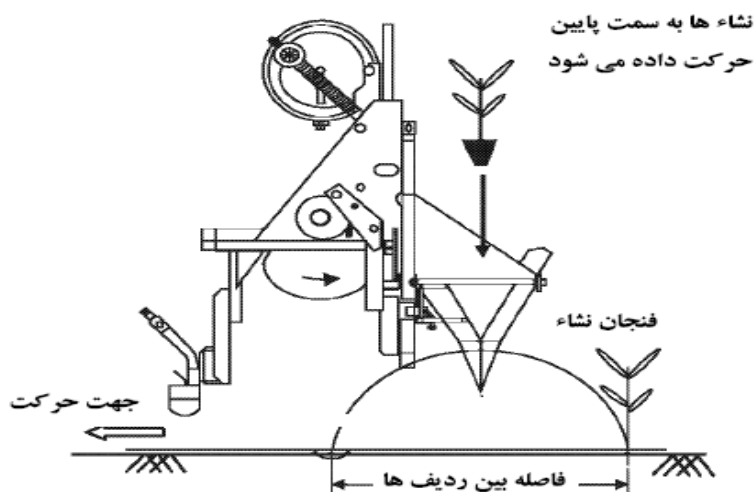
در این نوع واحد کاشت ۶ تا ۱۲ واحد پاکتی شکل با فاصله یکسان بر روی یک صفحه قرار می‌گیرد (شکل اولی). وقتی صفحه شروع به حرکت می‌کند سر قسمت پاکتی شکل باز شده و نشاء را دریافت می‌کند و با حرکت آن به سمت پایین آن را در گودال قرار می‌دهد. این نوع واحد کارنده برای دستگاه‌های نیمه اتوماتیک و نشاهای باریشه لخت بکار برده می‌شود ولی با دست کاری‌هایی می‌تواند برای سینی‌های نشاء نیز استفاده شود. سرعت کار این نوع کارنده ها بستگی به سرعت کار کارگری دارد که واحدهای پاکتی شکل را تغذیه می‌کند. سرعت کار معمولاً معادل ۳۵ تا ۴۵ نشاء در دقیقه است. برای این منظور معمولاً به دو نفر کارگر در دو طرف واحد کارنده نیاز است. معمولاً در حالتی که از یک کارگر استفاده می‌شود درصد خطا (تغذیه نامناسب دستگاه) افزایش می‌یابد (ICAR, 2008).

۵-۴-۳-۲- واحد کاشت فنجانی چرخنده

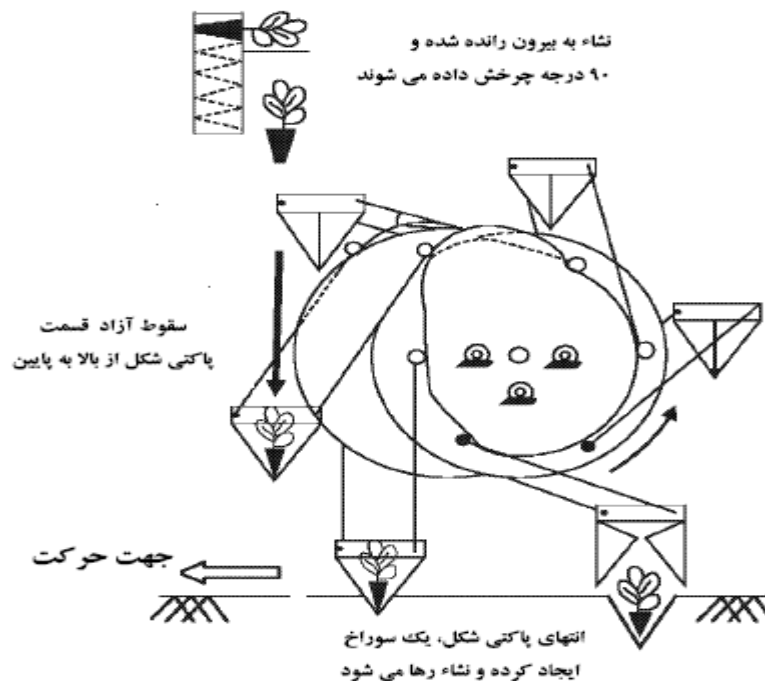
در این نوع واحد کاشت یک شفت دوار طراحی شده و می‌تواند ۶ تا ۸ فنجان را در یک فضای دایره‌ای بچرخاند (شکل دومی). همان‌طور که شفت شروع به چرخش می‌کند، فنجان‌ها از نشاهای موجود تغذیه می‌شوند. قسمت انتهایی این فنجان‌ها باز بوده و نشاها از این طریق به گودال‌های مربوط منتقل می‌شوند. این نوع واحدهای کاشت بیشتر مناسب نشاهای فنجانی شکل و دستگاه‌های نیمه اتوماتیک هستند. در این نوع واحدهای کاشت کارگر با سرعت و سهولت بیشتر واحدهای کارنده را تغذیه می‌کند. با توجه به فاصله روی ردیف سرعت کار این واحدها می‌تواند ۵۰ تا ۸۰ نشاء در دقیقه باشد. هر واحد کاشت معمولاً به یک کارگر برای تغذیه دستگاه نیاز دارد. (Craciun and Balan, 2005).

۵-۴-۳-واحدهای کاشت ملاقه‌ای یا عمودی رو به پایین

در این واحدهای کاشت یک فنجان مخلوطی شکل روی یک صفحه قرار داده شده و با حرکت یک چرخ مسطح به حرکت درمی‌آید. فنجان‌ها همواره یک حالت عمودی را در حال حرکت حفظ می‌کنند بنابراین نشاها به صورت عمودی در چاله‌های حفر شده در بستر کاشت قرار داده می‌شوند. در حقیقت نیروی ثقل باعث حرکت نشاء به درون گودال کشت می‌شود. دستگاه‌های نشاء کار منگنه‌ای نیمه مکانیزه ممکن است از واحدهای کاشت ملاقه‌ای شکل استفاده کنند (شکل ۵-۵). در برخی از واحدهای کاشت یک مشعل کوچک جاسازی شده تا قبل از قرار گرفتن نشاها در گودال‌های کاشت، کف مالچ پلاستیکی حاوی نشاها را از طریق سوزاندن، سوراخ می‌کند. در برخی از واحدهای کارنده تمام اتوماتیک بیلچه‌ای ۶ قسمت سطل شکل روی صفحه دوار قرار گرفته و کمک می‌کند نشاها به صورت کاملاً عمودی در گودال‌های کاشت قرار گیرند (شکل ۵-۶) (Munilla and Shaw, 1987).



شکل ۵-۵- دستگاه‌های نشاء کار منگنه‌ای (Munilla and Shaw, 1987).



شکل ۵-۶- دستگاه نشاء کار تمام خودکار بیلچه‌ای (Munilla and Shaw, 1987).

۵-۳-۴- واحد کاشت نوار نقاله‌ای

در این نوع واحدهای کاشت، نشاها به صورت دسته‌ای بر روی نوار نقاله‌ای که دارای بخش‌های مجزا از هم است قرار می‌گیرد. انتقال نشاء در این مرحله به صورت دستی است. نوار نقاله، نشاها را به فنجان‌های مخروطی شکل منتقل نموده و از آنجا به قسمت فارویی شکل که محل مناسبی جهت قرار گرفتن نشاء، تولید می‌نماید تحویل داده می‌شود. این نوع واحدهای کاشت مناسب نشاهای گلدانی شکل بوده و سرعت کار آن‌ها ۸۴ تا ۹۰ نشاء در دقیقه است (Kumar and Raheman, 2008).

۵-۵- بخش جداسازی نشاها

این بخش در دستگاه‌های تمام خودکار برای جداسازی نشاها از سینی نشاء و تحویل آن به واحد کاشت پیش‌بینی شده است. نیروی مورد نیاز این قسمت از طریق یک شافت یا

چرخ از واحد کاشت گرفته می شود. بخش های جداکننده نشاها انواع متفاوتی دارند که عبارت اند از:

- دستگاه جداساز گیره ای
- دستگاه جداساز میله ای
- دستگاه جداساز پنوماتیک
- دستگاه جداساز مخصوص نشاهای گلدانی

۵-۶- تولید نشاء با استفاده از خاک پوش پلاستیکی

در سامانه هایی که از خاک پوش پلاستیکی جهت تولید استفاده می شود اهدافی مثل زودرسی، کنترل علف های هرز و حفظ رطوبت دنبال می شود. برخی مشکلات نیز برای استفاده از خاک پوش های پلاستیکی (سیاه یا سفید) ذکر شده است. هزینه بالا و عدم کنترل علف های هرزی مثل اویارسلام زرد و ارغوانی از جمله این موارد هستند.

۵-۶-۱- انواع خاک پوش های پلاستیکی

یکی از معمول ترین و ارزان قیمت ترین خاک پوش های پلاستیکی، انواع با ضخامت ۱/۲۵ میلی متری است که برای تولید فلفل بهاره استفاده می شود. انواع خاک پوش های پلاستیکی که دارای برجستگی هستند از ادامه پارگی طولی این نوع خاک پوش ها جلوگیری شود. برخلاف کشت بهاره فلفل که خاک پوش های پلاستیکی تیره جهت گرم شدن خاک توصیه می شود برای کشت تابستانه فلفل (تولید در پاییز) خاک پوش های پلاستیکی شفاف پیشنهاد می شود که بخشی از تابش را منعکس کرده و از گرم شدن زیاد خاک جلوگیری شود. به تازگی خاک پوش های با پوشش فلزی مورد استقبال قرار گرفته اند. این پوشش فلزی به صورت پوششی که با خلأ بر روی خاک پوش تولید شده باعث انعکاس تابش شده و با دفع برخی از آفات مکنده، از شدت بیماری های میکروبی می کاهد. برخی از مواقع از نوعی فیلم نسبتاً غیر قابل نفوذ به عنوان خاک پوش استفاده می شود که دارای توانایی آزاد کردن مواد ضد عفونی کننده در هوا است. این نوع فیلم ها به دلیل گرانی رایج نیستند. خاک پوش های پلاستیکی زیست تخریب پذیر نیز در برخی مناطق استفاده می شود

ولی به دلیل این که کشاورزان معمولاً خاک پوش های پلاستیکی را برای چند محصول استفاده می کنند و انواع زیست تخریب پذیر معمولاً فقط یک بار قابل استفاده است، این نوع خاک پوش ها نیز توسعه چندانی نیافته است (Kelley et al., 2009).

۵-۶-۲- تهیه بستر کشت

تهیه بستر کاشت مناسب بستگی به نوع خاک، وسایل، پلاستیک در دسترس، نوار تیپ و کودهای حیوانی دارد. معمولاً یک بستر کاشت استاندارد ۲۰-۱۰ سانتی متر ارتفاع دارد. عرض بالای بستر ۷۰-۹۰ سانتی متر است. معمولاً عرض پلاستیک هایی که به عنوان خاک پوش استفاده می شود باید ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر بیشتر از عرض بستر بوده و مقادیر اضافی آن زیر خاک می رود. پلاستیک ها باید محکم روی بستر کشیده شوند تا علاوه بر تسهیل فرایند کاشت، حرکت باد در زیر آن به حداقل برسد. ممکن است برای به حداکثر رساندن بهره وری از سامانه های قطره ای برای آبیاری در بسترهای تهیه شده با خاک پوش پلاستیکی استفاده شود. در صورت استفاده از نوار تیپ (Drip Tape) جهت آبیاری، بهتر است این نوارها ۲/۵ سانتی متر زیر خاک قرار داده شوند تا از آسیب جوندگان در امان باشند (Sinha and Petersen, 2011).

۵-۶-۳- مدیریت کود دهی

در صورتی که قصد داشته باشید موادی مثل آهک به خاک اضافه کنید این کار باید ۲ تا ۳ ماه قبل از نصب خاک پوش پلاستیکی باشد. در بسترهای عریض اگر از سامانه های کود آبیاری (Fertigation) استفاده نمی شود، تمام کودهای پایه (مثل پتاسیم و فسفر) و همچنین بخشی از کود نیتروژن دار را قبل از کاشت استفاده کنید. حد کفایت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس وزن خشک گیاه فلفل به ترتیب برابر ۳-۴ درصد، ۰/۳-۰/۴ درصد و ۳/۵-۴/۵ درصد تخمین زده شده است (Huchmuth, 1999). در صورتی که از بسترهای با عرض کم استفاده شود، اضافه کردن بخش عمده کودها قبل از کاشت ممکن است باعث ایجاد مسمومیت شود. در چنین حالاتی بهتر است کودها به صورت جانبی در کناره پشته ها قرار داده شود (یا از به صورت تزریق یا به شیوه نواری). در شرایطی که کشت فلفل با

استفاده از سامانه‌های کود آبیاری انجام می‌شود، تمامی فسفر و عناصر کم‌مصرف به همراه ۳۰ تا ۵۰ درصد پتاسیم و نیتروژن قبل از پهن کردن پلاستیک با خاک مخلوط می‌شود. بقیه کود مورد نیاز از طریق کود آبدهی و در زمان استقرار کامل فلفل انجام می‌شود. دفعات مصرف کود با توجه به مرحله رشد گیاه تعیین می‌شود (Kelley et al., 2009). اگرچه مقدار مصرف عناصر غذایی با توجه به آزمون خاک و یا گیاه تعیین می‌شود اما عملکرد مورد انتظار نیز در این رابطه تأثیر گذار است. جدول ۵-۲ مقدار عناصر خارج شده از خاک به واسطه عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک فلفل گلخانه‌ای را نشان می‌دهد و می‌تواند راهنمای خوبی در رابطه با مصرف عناصر غذایی با توجه به مقدار خروج عناصر غذایی از خاک باشد.

جدول ۵-۲ - برداشت عناصر غذایی بر اساس عملکرد مورد انتظار فلفل گلخانه‌ای (Huchmuth, 1999)

برداشت از طریق کل گیاه (کیلوگرم در هکتار)					برداشت از طریق محصول (کیلوگرم در هکتار)					عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)
MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	
۳۲	۱۰۷	۲۰۱	۳۵	۱۴۰	۷	۱۲	۸۷	۱۵	۵۰	۲۵
۴۹	۱۵۳	۳۳۰	۵۷	۲۲۱	۱۵	۲۵	۱۷۵	۳۰	۱۰۰	۵۰
۶۴	۱۹۸	۴۵۷	۷۹	۳۰۳	۲۲	۳۷	۲۶۲	۴۵	۱۵۰	۷۵
۸۱	۲۴۴	۵۸۵	۱۰۱	۳۸۴	۳۰	۵۰	۳۵۰	۶۰	۲۰۰	۱۰۰
۹۷	۲۹۰	۷۱۲	۱۲۳	۴۶۶	۳۷	۶۲	۴۳۷	۷۵	۲۵۰	۱۲۵
۱۱۴	۳۳۶	۸۴۱	۱۴۵	۵۴۷	۴۵	۷۵	۵۲	۹۰	۳۰۰	۱۵۰
۱۲۹	۳۸۱	۹۶۸	۱۶۷	۶۲۹	۵۲	۸۷	۶۱۲	۱۰۵	۳۵۰	۱۷۵
۱۴۶	۴۲۷	۱۰۹۶	۱۸۹	۷۱۰	۶۰	۱۰۰	۷۰۰	۱۲۰	۴۰۰	۲۰۰

۵-۶-۴- کشت درون خاک پوش پلاستیکی

دستگاه‌های کارنده مجهز به سوراخ کننده^۱ با سوراخ کردن خاک پوش پلاستیکی، نشاء را درون آن قرار می‌دهند. دستگاه‌های کارنده چرخ‌دار آب‌پاش^۲ مشابه دستگاه‌های کارنده مجهز به سوراخ کننده هستند با این تفاوت که یک مخزن بزرگ آب یا کود به آن‌ها اضافه شده است. پس از تزریق آب درون سوراخ‌های ایجادشده، نشاءها توسط کارگران، وارد سوراخ آب می‌شوند. با این عمل مشابه کشت دستی، گل‌ولای به سمت بالای نشاء حرکت کرده و اطراف ریشه و پایین ساقه قرار گرفته و نشاء استقرار می‌یابد (Russo, 2012).

۵-۷- آبیاری

آبیاری مناسب عاملی ضروری برای داشتن عملکرد و کیفیت مناسب فلفل است. ریشه گیاه فلفل پتانسیل رشد تا ۱۲۰ سانتی‌متری خاک را دارد ولی معمولاً با توجه به شرایط خاک و عملیات زراعی ریشه‌ها در عمق کمتری قرار دارند. معمولاً عمق مؤثر رشد ریشه ۴۶-۳۰ سانتی‌متر است و نیمی از ریشه‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفته‌اند. تنش رطوبتی می‌تواند باعث تشدید ریزش گل و میوه، آفتاب‌سوختگی میوه و پوسیدگی آن شود. عوامل متفاوتی ممکن است بر انتخاب شیوه آبیاری برای فلفل در نظر گرفته شود. این عوامل عبارت‌اند از: ابزار در دسترس، شکل و اندازه مزرعه، مقدار و کیفیت آب مصرفی، نیروی کارگری و سوخت موردنیاز.

۵-۷-۱- برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به مراحل رشدی فلفل

یکی از موارد مهم در کشت فلفل آبیاری آن است. طبیعتاً در خاک‌های با بافت سبک دفعات آبیاری زیاده‌تر و آبیاری سبک انجام می‌شود. در خاک‌های با بافت سنگین دفعات آبیاری کمتر و آبیاری سنگین‌تر انجام می‌شود. آبیاری کمتر از موردنیاز گیاه موجب کاهش عملکرد، کاهش سرعت فتوسنتز، کاهش مقدار گل، کوچک شدن میوه‌ها، عقیم

1-Punch Planter

2-Water-wheel planter

۱۰۰ / مدیریت تولید در کشت فلفل

شدن گل‌ها، کوچک شدن گیاه و کاهش کیفیت می‌شود. آبیاری بیش‌ازحد گیاه نیز می‌تواند موجب توسعه بیماری‌ها (به‌ویژه بیماری‌های ریشه) و پژمردگی گیاه شود. برای برنامه‌ریزی آبیاری باید به عمق نفوذ ریشه توجه شود. معمولاً سرعت گسترش ریشه‌های فلفل در خاک، مشابه سرعت رشد اندام‌های هوایی است. معمولاً ریشه‌ها در مرحله بلوغ گیاه تا عمق ۵۰-۶۰ سانتی‌متری نفوذ می‌کنند. با توجه به حساسیت اندام‌های هوایی گیاه به رطوبت و توسعه بیماری‌ها، آبیاری قطره‌ای و فارویی به آبیاری بارانی ترجیح داده می‌شود. مقدار آب موردنیاز با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت است اما در هوای سرد معمولاً ۲۵ میلی‌متر آب در هفته نیاز است. این مقدار در شرایط گرم و شرایط بادی به ۵۰ میلی‌متر در هفته افزایش می‌یابد. بر اساس مراحل توسعه رشد گیاه نیاز آبی را می‌توان به شکل ذیل برنامه‌ریزی کرد (Ashilenje, 2014):

۲-۷-۵- مرحله استقرار گیاه

این مرحله می‌تواند تا ۲ هفته به طول انجامد. در این مرحله گیاهان در خاک مستقر شده و رشد فعال خود را شروع می‌کنند. نیاز آبی این دوره اندک است. پس از استقرار اولیه و درست قبل از ظهور اولین گل توصیه اکید آن است که مقدار آب مصرفی کاهش یابد. این کار کمک می‌کند تا ریشه‌ها در عمق خاک نفوذ کنند. این کار همچنین کمک می‌کند تا گیاه در مرحله میوه دهی به تنش خشکی مقاوم شود.

۳-۷-۵- مرحله رشد زایشی

در این مرحله که با شروع گل و میوه دهی شروع می‌شود مقدار آب مصرفی دو برابر مقدار مرحله قبل است.

۴-۷-۵- مرحله تشکیل کامل میوه‌ها

در این مرحله نیاز آبی گیاه به حداکثر مقدار خود در طول دوره رشد می‌رسد.

۵-۷-۵- مرحله رسیدگی و برداشت

در این حالت گیاه بیشترین حجم شاخه و برگ و میوه را داراست. با نزدیک شدن به مرحله برداشت مقدار آب مصرفی به تدریج کاهش می‌یابد.

تأثیر عوامل محیطی بر رشد و تولید فلفل ————— ۱۰۱ /

در صورتی که خاک هنگام کاشت مرطوب بوده و بلافاصله پس از آن نیز به مقدار ۲۰-۳۰ میلی متر آبیاری شده باشد می توان برنامه زیر را جهت آبیاری پیشنهاد نمود (جدول ۵-۳) (Starke Ayres, 2014):

جدول ۵-۳ - برنامه ریزی آبیاری با توجه به مراحل رشد گیاه فلفل
(Starke Ayres, 2014)

مقدار آب مورد نیاز (میلی متر)	فواصل بین آبیاری (روز)	فاکتور گیاهی ^۱	رطوبت خاک (درصد)	عمق ریشه (میلی متر)	هفته پس از کاشت
۱۰-۱۵	۲	۰/۳	۲۰	۴۰۰	۰-۲
۱۵-۲۵	۳-۵	۰/۴	۳۰	۵۰۰	۳-۶
۳۰-۴۰	۵-۷	۰/۶	۴۰	۶۰۰	۷-۱۵
۲۰-۳۰	۷-۱۰	۰/۸	۵۰	۷۰۰	۱۶ و بیشتر

۱: این فاکتور برای تعیین نیاز آبی محصولات مختلف محاسبه می شود و بر اساس ارتفاع و تراکم گیاهان متفاوت است.

۵-۷-۶- آبیاری بارانی

سامانه های آبیاری ممکن است مرکز محور، تفنگی، خطی متحرک، دائمی و یا آلومینیومی متحرک باشد. این سامانه ها از نظر هزینه کاملاً متفاوت هستند. این سامانه ها باید توانایی تحویل حداقل ۲/۵ سانتی متر آب در هر ۴ روز را داشته باشد ولی ایجاد روان آب نکند. در سامانه های آبیاری با یکنواختی قابل قبول می توان کودهای موردنظر را نیز از طریق آبیاری توزیع کرد.

آبیاری بارانی به شرط به موقع و کامل بودن برای جلوگیری از اثرات سرما نیز سامانه مؤثری به حساب می آیند. در این حالت در هر دور پاشش مساحت دایره ای شکل مرطوب می شود که فاصله هر دو آپاش نباید بیشتر از ۶۰ درصد قطر این دایره باشد. نازل ها حداقل باید یک دور در دقیقه کار کنند و ۰/۳۸-۰/۳۰ سانتی متر آب در هر ساعت خارج نمایند. آبیاری قبل از رسیدن دما به صفر درجه سانتی گراد شروع شده و تا زمانی که یخ شروع به ذوب شدن می کند ادامه می یابد (Kelley et al., 2009).

۵-۷-۷-آبیاری قطره‌ای

این شیوه آبیاری همراه با خاک پوش پلاستیکی و یا بدون آن مورد استفاده کشاورزان فلفل کار قرار می‌گیرد. کارایی بالای این شیوه (۴۰ درصد آب کمتر از آبیاری بارانی) و مشکل کمتر علف‌های هرز از مزایای استفاده از آبیاری قطره‌ای محسوب می‌شود. عملکرد فوق‌العاده فلفل معمولاً در سامانه‌هایی گزارش شده است که هم‌زمان از خاک پوش پلاستیکی، آبیاری قطره‌ای و تزریق مواد غذایی از طریق آبیاری استفاده کرده‌اند. در آبیاری قطره‌ای ممکن است قطره‌چکان‌ها روی سطح خاک بوده و یا زیر سطح خاک قرار داده شوند (۵-۷/۵ سانتیمتر). معمولاً یک خط آبیاری برای فلفل‌هایی که فاصله ردیفی آن‌ها ۲۵ سانتی‌متر است در نظر گرفته می‌شود. ضخامت نوارهای تیپ در دسترس برای آبیاری قطره‌ای ممکن است از ۳ تا ۲۵ میلی‌متر متفاوت باشد اما بیشتر کشاورزان نوارهای تیپ با ضخامت کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر را انتخاب و هر سال آن‌ها را جایگزین می‌کنند. نوارهای تیپ با قطر زیادتر را می‌توان در پایان سال با دقت جمع و در سال بعد استفاده نمود (Kelley et al., 2009).

۵-۷-۸-برنامه‌ریزی آبیاری

نشاها بلافاصله پس از کاشت با ۱/۳-۰/۷۵ سانتی‌متر آب در اطراف ریشه، آبیاری می‌شوند. ریشه اولیه فلفل معمولاً تا عمق ۲۵ سانتی‌متری گسترش یافته و آب را در اطراف خود نگهداری می‌کند. خاک‌های شنی معمولاً ۲/۵ سانتیمتر آب را در عمق ۳۰ سانتی‌متری نگهداری می‌کنند. با توجه به اینکه زمان آبیاری، موقعی است که ۵۰ درصد رطوبت در عمق ریشه مصرف شده باشد، بنابراین زمانی که ۱/۲۵ سانتی‌متر آب در عمق ۳۰ سانتی‌متری مصرف شده باشد زمان مناسب آبیاری است. خاک‌های رسی ظرفیت بالاتری برای نگهداری آب داشته و مقدار نگهداری آب در آن‌ها تقریباً دو برابر است؛ بنابراین مقدار نگهداری آب در عمق ریشه ۵ سانتی‌متر بوده و زمان آبیاری مصرف ۲/۵ سانتی‌متر از این مقدار آب است. در عمل برای جبران تلفات تبخیر از سطح و مقدار آبی که توسط باد پراکنده می‌شود مقدار آب ۱۰ تا ۲۰ درصد زیادتر در نظر گرفته می‌شود. دفعات آبیاری بستگی به شدت تبخیر و تعرق دارد. در سامانه آبیاری بارانی و در اوج دوره نیاز

تأثیر عوامل محیطی بر رشد و تولید فلفل ————— ۱۰۳ /

آبی، گیاه باید در خاک‌های شنی هر ۳ تا ۴ روز ۱/۵ سانتی‌متر آب و در خاک‌های رسی حدود ۳ سانتی‌متر در هر ۵ روز دریافت کند. ممکن است وسایل دقیق‌تری مبنای آبیاری قرار گیرد. به هر حال برای رسیدن به بهترین نتیجه رطوبت خاک را بایستی پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌بار حفظ شود. سامانه‌های آبیاری‌های قطره‌ای باید هر روز یا یک روز در میان کنترل شوند. با توجه به رشد ضعیف فلفل در شرایط غرقاب، باید از غرقاب کردن خاک به‌ویژه در صورت استفاده از خاک‌پوش پلاستیکی خودداری شود (Russo, 2012).

۵-۸- انتقال نشاء به زمین اصلی

معمولاً نشاهای با سن ۵ تا ۶ هفته به زمین اصلی منتقل می‌شود. برای انتقال نشاء فلفل مثل بسیاری دیگر از سبزیجات بهتر است از ظروف نشاء (مثل سینی نشاء) استفاده شود. در دسترس بودن این ظروف برای واکاری احتمالی، تنش کمتر نشاهای انتقال‌یافته، رشد سریع‌تر نشاهای تولیدی و یکنواختی نشاهای تولیدشده از محاسن استفاده از ظروف انتقال نشاء محسوب می‌شود. قبل از انتقال نشاء برای تولید نشاهای مقاوم که قابلیت تحمل شرایط دشوار مزرعه را داشته باشند بهتر است فرایند مقاوم‌سازی (Hardening) بر روی آن انجام شود. در این فرایند در یک دوره کوتاه‌مدت (۷-۱۰ روزه) قبل از انتقال نشاء مقدار آب و مواد غذایی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد کاهش می‌یابد. برای دستیابی به بیشینه عملکرد نباید نشاها دارای میوه یا گل باشد. یک نشاء مطلوب ۱۵/۵ تا ۲۰/۵ سانتیمتر طول داشته و قطر ساقه آن ۰/۶ تا ۱۰ میلی‌متر است. نشاها بلافاصله پس از خارج شدن از ظروف انتقال نشاء در زمین اصلی کشت می‌شوند. در صورتی که به هر دلیل امکان کشت فوری وجود ندارد، نشاها باید در دمای ۱۲/۸ تا ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و ریشه‌های آن‌ها خشک نشود. نشاهای ریشه‌دار در عمق ۱۰-۷/۵ سانتی‌متر کشت می‌شوند. در صورتی که دمای شب‌هنگام خاک بیشتر از ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد باشد رشد فلفل بهتر انجام می‌شود. در دو هفته اول پس از انتقال حفظ رطوبت خاک برای استقرار مناسب نشاها ضروری است (Berke et al. 1999).

۵-۹- شرایط فلفل در مزرعه

منظور از فلفل تمام فلفل‌های متعلق به جنس و گونه *Capsicum annuum* L. که هم شامل فلفل‌های شیرین و هم فلفل‌های تند می‌شود (برخی از موارد به آن‌ها "Chille" گفته می‌شود) و همچنین فلفل‌هایی که برخی مواقع آن‌ها را به عنوان فلفل دلمه *Capsicum frutescens* L. می‌شناسند، می‌باشد.

۵-۹-۱- آماده‌سازی زمین

بیشتر مطالعات در مورد فلفل بر بسترهای کشت پشته‌ای مسطح موسوم به raised bed متمرکز شده است (شکل ۵-۷). برخی تحقیقات تفاوت عملکردی بین فلفل دلمه‌ای کشت شده در دو سامانه کشت پشته‌ای مسطح و زمین مسطح و حتی فواصل بین ردیفی مختلف (۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر) قائل نشده‌اند اما وقتی صحبت از برداشت فلفل (به‌ویژه برداشت مکانیزه) می‌شود لحاظ کردن فواصل بین ردیفی مناسب اجتناب‌ناپذیر است. بر اساس نتایج برخی تحقیقات، فلفل‌های کشت شده بر روی بسترهای پشته‌ای مسطح، اگرچه نسبت به دماهای بالا حساس‌تر هستند اما عملکرد بالاتری نسبت به کشت مسطح دارند. این که از کشت بر روی بسترهای پشته‌ای مسطح استفاده شود یا نه به نوع خاک، شیوه آبیاری، شوری خاک و وضعیت زهکشی زمین بستگی دارد (George et al., 2005).



شکل ۵-۷: بستر پشته‌ای مسطح raised bed با پوشش پلاستیک روشن (George et al., 2005)

۵-۹-۲- استفاده از خاک پوش (مالچ) در تولید فلفل

در برخی از پژوهش‌ها به محاسن استفاده از خاک پوش‌ها (ازجمله خاک پوش‌های مصنوعی پلی‌اتیلنی) اشاره شده است. در گزارش‌های زیادی خاک پوش‌های پلی‌اتیلنی سیاه‌رنگ موجب افزایش عملکرد فلفل شده‌اند اما در شرایط دمای بالا، مضراتی نیز برای آن‌ها عنوان شده است (شکل ۵-۸). در مورد خاک پوش‌های پلی‌اتیلنی سفیدرنگ و تأثیر آن‌ها بر عملکرد فلفل گزارش‌ها متنوع بوده و محاسن آن‌ها رابطه نزدیکی با این مطلب داشته است که تا چه حد توانسته‌اند علف‌های هرز را کنترل نمایند (شکل ۵-۸). برخی رزین‌های نفتی بازتابنده نیز به عنوان خاک پوش استفاده می‌شود که با استحکام بستر کشت موجبات افزایش عملکرد را فراهم می‌آورد. برخی دیگر از خاک پوش‌ها که برای کشت فلفل از آن‌ها استفاده شده است عبارت‌اند از: خاک پوش‌های رنگی سفید و سیاه و خاک پوش‌های با پوشش آلومینیومی که به ویژه در مناطقی با دمای بالا برای انعکاس بیشتر تابش دریافت شده و همچنین دفع حشرات کاربرد دارند. خاک پوش‌های انعکاس دهنده اشعه مادون قرمز نیز در برخی از مناطق برای کنترل بیشتر علف‌های هرز استفاده شده‌اند. خاک پوش‌های حاصل از بقایای گیاهی و زباله‌های بازیافت شده نیز دسته دیگری از خاک پوش‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل ۵-۹). استفاده از این گونه خاک پوش‌ها اگرچه دارای تأثیرات مختلفی بر دمای خاک، دیررسی (برای خاک پوش‌های گیاهی) و کنترل علف‌های هرز هستند ولی نتایج باثباتی در رابطه با عملکرد برای آن‌ها گزارش نشده است. یکی از تأثیرات خاک پوش‌های حاصل از بقایای گیاهی دیررسی محصولات است که در برخی از مواقع با کاهش عملکرد محصولاتی مثل فلفل همراه بوده است. این نتایج منفی برای خاک پوش‌های حاصل از بقایای گیاهی ممکن است به دلیل توسعه بیشتر آفات نیز باشد. خاک پوش‌های زنده شامل گیاهانی مثل انواع شبدر، کلزا، چاودار می‌باشند که در بسیاری موارد تأثیر منفی آن‌ها بر عملکرد گزارش شده است.

در سال‌های اخیر با توجه به اثرات منفی زیست محیطی خاک پوش‌های پلی‌اتیلنی، خاک پوش‌هایی بانام "خاک پوش جایگزین زیست تخریب پذیر Biodegradable alternative mulches" مورد توجه برخی از پژوهشگران قرار گرفته است. این

خاک پوش ها شامل ورقه ای بسیار نازک از جنس پلی اتیلن (یا موارد مشابه) است که بر روی کاغذهای به رنگ های مختلف کشیده می شود. هزینه زیاد این گونه خاک پوش ها یکی از موارد منفی برای آن ها محسوب شده ولی تأثیرات مثبت آن ها بر عملکرد فلفل می تواند تا حدی پاسخگوی این هزینه ها باشد (Sinha et al., 2011; Russo, 2012).



شکل ۵-۸- مالچ پلی اتیلنی شفاف (راست) و تیره (چپ) (Sinha et al., 2011)



شکل ۵-۹- خاک پوش کاه و کلش (سمت راست) و خاک پوش ساقه و بقایا (سمت چپ)

۵-۹-۳- تراکم و آرایش گیاهی

تراکم مطلوب فلفل به عوامل زیادی مثل شرایط خاک، اندازه نشاء، اندازه نهایی گیاه در زمان رسیدگی، رطوبت خاک، مواد غذایی مصرفی، حاصلخیزی خاک و نوع مدیریت مزرعه بستگی دارد. در میان پژوهش های انجام شده برای تراکم کشت فلفل به تراکم های پایین (فاصله ردیفی بیش از ۱ متر و فاصله روی ردیف ۴۶-۳۰) برای برخی از انواع فلفل اشاره شده است که عمدتاً به دلیل فراهم آوردن شرایط مدیریتی برای کنترل علف های هرز و تسهیل برداشت محصول است. فواصل بین ردیفی غالباً به تجهیزات مورد استفاده در زمین بستگی دارد. در بین کشاورزان فاصله بین ردیفی ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی متر تقریباً به یک معیار قابل قبول تبدیل شده است و بنابراین عامل تعیین کننده تراکم در کشت فلفل تغییر

فاصله روی ردیف است. با کاهش فاصله روی ردیف، کاهش وزن ریشه و اندام‌های هوایی و همچنین قطر ساقه در تک بوته گزارش شده است. در این رابطه گزارش در مورد ارتفاع گیاه متفاوت بوده و کاهش فاصله روی ردیف باعث افزایش ارتفاع شده و یا تأثیری بر آن نداشته است. دلیل این امر افزایش سطوح هورمون اکسین بوده که منجر به افزایش فواصل میان گره‌های گیاه می‌شود (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). ارتفاع گیاه عامل مهمی در برداشت محصول فلفل محسوب می‌شود. در انواع فلفل‌ها در شرایطی که فاصله روی ردیف به ۵ سانتی‌متر کاهش یابد وزن و تعداد میوه در هر بوته کاهش و در واحد سطح افزایش می‌یابد. فلفل‌های گروه Jalapeno به تغییرات فاصله روی ردیف واکنش یکسانی نشان نداده‌اند. در فلفل‌های هندی cayenne peppers با کاهش فاصله روی ردیف از ۳۰ به ۱۰ سانتی‌متر تعداد میوه در هر بوته کاهش ولی طول میوه‌ها افزایش داشته و نهایتاً عملکرد ثابت باقی مانده است. در برخی از انواع فلفل‌های قرمز paprika-type حد بیشینه عملکرد در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد اما از تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار به بعد تقریباً عملکرد به یک سطح باثبات رسید. در این نوع فلفل‌ها با افزایش تراکم میزان رنگدانه‌های موجود در فلفل به صورت خطی کاهش یافت. بنابراین تراکم ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار بوته به عنوان تراکم بهینه تعیین شد. در اسپانیا برای ارقام فلفل گروه pimientو تراکم بهینه ۱۰۰ تا ۱۲۰ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته می‌شود (Bosland et al., 2009).

با توجه به عوامل مختلف ممکن است تراکم فلفل دلمه‌ای از حداقل ۱۸۵۰۰ تا ۳۵۸۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شود. فلفل‌های دلمه‌ای شیرین معمولاً متراکم‌تر از سایر انواع فلفل و به صورت دو ردیفه (به صورت جوی و پشته عریض) کاشت می‌شوند. فاصله بین گیاهان روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. روی بستر حالت تخت داشته و فاصله آن از یک لبه تا لبه دیگر ۱۵۰ تا ۱۸۰ سانتیمتر و فاصله کف یک جوی تا جوی دیگر ۳۵ تا ۴۵ سانتیمتر است. برای کشت در زمین مسطح فاصله بین ردیف ۹۰ تا ۱۰۵ سانتیمتر و فاصله بین دو گیاه ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. به طور معمول برای فلفل دلمه‌ای تراکم ۳۰ تا ۳۷ هزار بوته در هکتار استفاده می‌شود. تراکم مناسب کاشت

فلفل به عملیات زراعی مزرعه و ادوات مورد استفاده نیز بستگی دارد. با این حساب در کشت‌های تک ردیفه فاصله بین ردیف ۱/۵ متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر است. ممکن است برای دستیابی به تراکم بیشتر (که آفتاب‌سوختگی میوه را نیز کاهش می‌دهد) فاصله بین ردیفی را کمتر در نظر بگیریم که در این حالت عبور وسایلی مثل سم‌پاش‌ها مشکل می‌شود. تراکم در شرایط گلخانه، در این حالت ۳ تا ۴ گیاه در مترمربع خواهد بود. در این حالت ارتفاع گیاه می‌تواند ۲ متر یا بیشتر باشد و ۱ تا ۳ ساقه در هر گیاه حفظ می‌شود (Starke Ayres, 2014).

در رابطه با تراکم گیاهی، علاوه بر تعداد بوته در واحد سطح تناسب فاصله بین و روی ردیف (ژئومتری) دارای اهمیت است. به‌طور تئوریک، آرایش کشت مربعی شکل (فاصله بین و روی ردیف مساوی) به دلیل استفاده بهینه از نور و جذب بهتر مواد غذایی توسط ریشه بهتر از آرایش کشت مستطیلی است. به همین منظور، در پژوهشی تراکم فلفل ۴۰ هزار بوته در هکتار ثابت نگه‌داشته شد و دو آرایش کشت دو ردیفه با فواصل روی ردیف ۲۸ و بین ردیف ۹۰ سانتیمتر و سه ریفه با فواصل روی ردیف ۴۱ سانتیمتر و بین ردیف ۴۵ سانتیمتر باهم مقایسه شدند و نتایج نشان داد عملکرد اقتصادی هر دو آرایش کشت تفاوت معنی‌داری باهم نداشت. در هر صورت تراکم مناسب کاشت بستگی کامل به رقم، منطقه، ادوات مکانیزه، شرایط آبیاری و هدف کشت دارد.

۵-۹-۴- کشت تونلی فلفل

اولین گزارش‌ها در مورد این گونه کشت به سال ۱۹۶۳ در کالیفرنیا و رژیم اشغالگر قدس برمی‌گردد. امروزه کشت‌های تونلی با استفاده از پوشش‌های مختلف با جنس و رنگ‌های گوناگون مورد استفاده قرار گرفته و گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش عملکرد و کاهش بیماری‌هایی مثل پوسیدگی گلگاه این سامانه‌های کشت وجود دارد. یکی از عوامل کاهش عملکرد در کشت تونلی فلفل، افزایش بیش‌ازحد دما در این نوع کشت است. با توجه به اهمیت دما در زیر تونل‌ها در سامانه‌های جدید قابلیت برداشته شدن پوشش روی تونل‌ها در مواقع افزایش بیش‌ازحد دما، پیش‌بینی شده است. در این رابطه، در برخی از پژوهش‌ها به نقش مثبت استفاده از تونل‌ها با پوشش پلی‌استر در کنترل بهتر دمای داخل

تونل نسبت به تونل‌های با پوشش پلی‌اتیلن اشاره شده است. در برخی از پژوهش‌ها استفاده هم‌زمان خاک پوش پلی‌اتیلنی و کشت تونلی با پوشش پلی‌اتیلن زودرسی محصول فلفل را به همراه داشته است (Waterer, 2003).

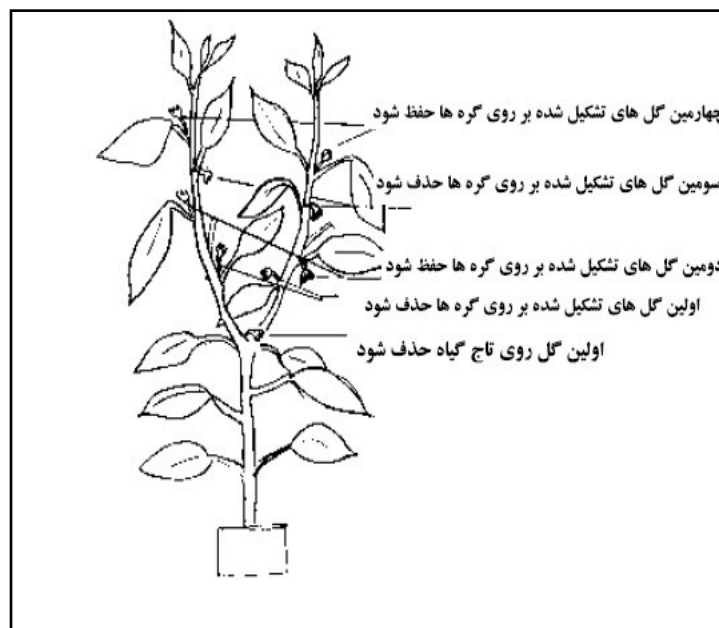
۵-۹-۵- اثرات ورس ساقه

یکی از مسائلی که در برداشت فلفل می‌تواند بروز اشکال نماید، ورس ساقه است. برداشت مکانیزه در فواصل کم ردیف (کمتر از ۱۰ سانتی‌متر) به دلیل حمایت گیاهان مجاور از هم دارند با کاهش اثرات ورس همراه است. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که واکنش ارقام فلفل به ورس یکسان نبوده و ارقام مقاوم قطر ساقه بیشتر، وزن ریشه بیشتر و نسبت شاخه به ریشه کمتری دارند. معمولاً فلفل‌های نشاکاری شده نسبت به کشت مستقیم به ورس حساس‌تر هستند. کاهش فاصله بین ردیفی از ۴۰ سانتی‌متر به ۱۰ سانتی‌متر (در گروه فلفل‌های jalapeno) و از ۲۵ سانتی‌متر به ۵ سانتی‌متر (در گروه فلفل‌های paprika) موجب کاهش خطی میزان ورس شده است. برخی تحقیقات نشان داده است فلفل‌های نشاءای که عمق کاشت آن‌ها با برگ‌های لپه‌ای و حتی تا برگ اول تنظیم شود، نسبت به ورس مقاوم‌تر از نشاءایی هستند که عمق کاشت آن‌ها درست در بالای منطقه ریشه است. ورس ساقه در فلفل علاوه بر کاهش عملکرد، دیررسی محصول را نیز به همراه خواهد داشت. به‌طور خلاصه بر اساس تحقیقات انجام‌شده عمق کاشت مناسب، استفاده از ارقام با ساقه مستقیم، کشت مستقیم فلفل و استفاده از فواصل روی ردیف کمتر کاهش ورس را به همراه داشته است (Mangan et al., 2000).

۵-۹-۶- هرس فلفل

معمولاً در تربیت و هرس گیاه فلفل دو ساقه بر روی هر گیاه نگه‌داشته می‌شود. اولین مرحله هرس یک ماه پس از انتقال نشاء انجام‌شده و بعد از آن به‌صورت هفتگی با توجه به نوع رقم فلفل ادامه می‌یابد. حفظ دو ساقه در هر گیاه بیشتر به دلیل تأمین نور کافی بوده و در صورتی که از این نظر محدودیتی موجود نباشد ممکن است تا ۴ ساقه نیز در هر گیاه حفظ شوند. به هر صورت حفظ تعداد ساقه زیادتر باعث تولید تعداد بیشتری میوه کوچک

خواهد شد. به عنوان راهنما هر میوه باید توسط دو برگ و گل‌هایی که روی شاخه‌های جانبی قرار می‌گیرند توسط ۴ برگ حمایت شوند. معمولاً اولین گلی که بر روی گیاه (که هنوز نابالغ است) تولید می‌شود باید توسط قیچی یا نوک انگشتان حذف شود. این گل معمولاً توان رشد بعدی را ندارد. در صورت لزوم از مواد ضد عفونی کننده در محل‌های قطع گل و ساقه استفاده شود. در مورد ارقامی که در شرایط مزرعه کشت می‌شوند معمولاً هرس نیاز نیست و رشد انبوه‌تر شاخ و برگ از آفتاب سوختگی میوه جلوگیری می‌کند. در این شرایط (شرایط مزرعه) و حدود یک ماه قبل از شروع اولین یخبندان، سر زنی (Topping) گیاه می‌تواند باعث انتقال قندها و مواد غذایی شاخ و برگ به میوه‌ها شود و شرایط رسیدگی سریع‌تر میوه را فراهم نماید. چگونگی انجام هرس فلفل در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است (Rowe, 2008).



شکل ۵-۱۰ - چگونگی انجام هرس در فلفل (Rowe, 2008).

۵-۹-۷- اصول هرس و داربست فلفل دلمه‌ای

یکی از موارد هزینه‌بر در کشت فلفل ایجاد داربست است. انتخاب رقم در این رابطه نقش مهمی دارد. برخی از ارقام نیاز به داربست نداشته و بیشتر رشد متمرکز دارند. این

ارقام با رشد متمرکز نیاز به نهاده‌های کمتری نیز دارند. ارقام رشد نامحدود به دلیل داشتن طول دوره رشد نسبتاً زیادتر (نسبت به ارقام رشد محدود) برای تولید محصول خوب نیاز به داربست دارند. برای ایجاد فلفل داربستی در مزرعه نیاز به دیرک‌هایی به فواصل طولی ۱/۲ تا ۱/۵ متر از هم است. این دیرک‌ها بلافاصله پس از انتقال نشاء به زمین اصلی، در زمین جا داده می‌شوند. حتی برخی کشاورزان این کار را قبل از انتقال نشاء انجام می‌دهند. استفاده از سیم یا طناب برای اتصال گیاه به دیرک‌ها قبل از مرحله گل‌دهی (حدود یک ماه پس از انتقال نشاء) انجام می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که طناب‌ها می‌توانند آلوده به اسپور قارچ‌ها باشند بنابراین قبل از استفاده باید ضدعفونی شوند. دیرک‌ها باید ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در خاک فرورفته باشند و معمولاً طول آن‌ها بیش از ۳ متر نیست. قسمت انتهایی دیرک‌ها باید محکم شوند. به‌هرحال دیرک‌ها باید توان حمایت از گیاه و محصول آن را داشته باشد. گیاه فلفل دارای رشد سریع بوده و شاخه‌ها به اطراف گسترده می‌شوند. این شاخه‌ها باید با طناب‌ها در کنار دیرک‌ها قرار داده شوند.

در شرایط گلخانه ایجاد داربست به دو صورت انجام می‌شود: روش اول مشابه روش استفاده از داربست در محیط‌های باز بوده و برخی از باغداران آن را به‌عنوان روش اسپانیایی می‌شناسند. با استفاده از این روش گیاهان در تک ردیف یا دوردیفه با استفاده از طناب‌های نازک در کنار دیرک‌ها قرار می‌گیرند. گیاهان در کنار این دیرک‌ها رشد یافته و به ارتفاع مطلوب می‌رسند. روش دومی که در گلخانه‌ها برای ایجاد داربست استفاده می‌شود استفاده از سیم‌هایی است که در ارتفاع ۲ تا ۲/۵ متری در بالای ردیف‌های گیاهان قرار می‌گیرد. با استفاده از طناب پیچیده شده دور ساقه، گیاه به سمت بالا هدایت و به سیم داربست متصل می‌شود. در این روش فقط یک یا دو ساقه اجازه رشد بر روی یک‌رشته طناب را دارند (Rowe, 2008 و دشتی و رسولی، ۱۳۹۱).

فلفل دلمه‌ای گیاهی رشد نامحدود بوده و می‌تواند با ادامه فرایند رشد شاخه و برگ زیادی تولید کند. به همین دلیل هرس و تربیت گیاه برای ایجاد تعادل‌بخش رویشی و زایشی لازم بوده و منجر به تولید حداکثر محصول می‌شود. هرس به‌موقع با بهبود تهویه

هوای اطراف گیاه باعث کاهش بیماری‌ها نیز می‌شود. اگرچه برخی از کشاورزان معتقد به هرس نیستند اما چند توصیه می‌تواند مفید باشد:

- برگ و شاخه‌های جدید فلفل از گره‌های موجود در زاویه برگ‌ها به وجود می‌آیند. شاخه‌های اضافی باید هرس شود به گونه‌ای که فقط ۲ تا ۳ شاخه اصلی باقی بماند. گاهی تا ۴ شاخه نیز حفظ می‌شود. این امر به بنیه گیاه بستگی دارد. در رابطه با میوه هم برخی از کشاورزان همه میوه‌های ایجاد شده از گره‌های ساقه را حفظ کرده و برخی به صورت یک‌درمیان آن‌ها را باقی می‌گذارند. بهتر است دو ساقه و ۶ میوه در هر گیاه حفظ شود.

- ارتفاع برخی از فلفل‌های دلمه‌ای در گلخانه به بیش از ۳ متر بالغ می‌شود. برای ایستاد نگه داشتن ساقه‌های فلفل باید از چند رشته ریسمان چندلایه که از بالای شاخه‌ها آن‌ها را حمایت می‌کند استفاده شود (شکل ۵-۱۱). این ریسمان‌ها به ساق‌ها گره زده می‌شود (۲۵ سانتی متر بالای سطح خاک) و در طول ساقه ادامه می‌یابد. ساقه‌ها ترد و شکننده هستند و باید عملیات بستن آن‌ها با ریسمان خیلی زود انجام شود (Rowe, 2008).





شکل ۵-۱۱ - استفاده از ریسمان جهت حمایت از ساقه‌های فلفل (Rowe, 2008).

۵-۱۰- تنظیم‌کننده‌های رشد و نقش آن در گیاه فلفل

در سال‌های گذشته تنظیم‌کننده‌های رشد گوناگونی برای گیاه فلفل استفاده شده که اثرات منفی و مثبت متفاوتی نیز داشته‌اند. برخی از این ترکیبات در مقطع زمانی خاصی توسعه یافته و سپس به دلیل اثرات سوء کنار گذاشته شده‌اند. به عنوان مثال استفاده از ترکیب کلروفلورنول (Chlorflurenol) با غلظت‌های ۵۰ تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر موجب افزایش عملکرد فلفل می‌شود ولی بر جنسیت گل‌ها، شکل میوه‌ها و پارتنوکاری تأثیر منفی دارد. این ترکیب در حقیقت نوعی کند کننده رشد است که برای جلوگیری از رشد بی‌رویه شاخه و برگ در غلظت‌های پایین برای محصولات باغبانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Durner, 2013). دامینوزید (Daminozid) و تریاکتانو (Triacontano) دو ترکیب دیگری هستند که به ترتیب برای کنترل اندازه میوه و افزایش عملکرد در فلفل مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی هیچ‌کدام توسعه زیادی نیافتند. متانول و DCPTA (۲ و ۳ و ۴ دیکلروفنوکسی تریاتیل آمین) دو ترکیبی هستند که در برخی از گزارش‌ها عدم تأثیر آن‌ها بر رشد فلفل گزارش شده است. گزارش‌هایی نیز مبنی بر تأثیر مثبت اکسین‌ها و جیبرلین‌ها بر افزایش عملکرد و همچنین کاربرد ABA در کاهش اثرات تنش‌های محیطی در محصول فلفل وجود دارد. یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی که به‌طور وسیع برای فلفل استفاده شده

اتفون (۲ کلرو اتیل فسفونیک اسید) است. استفاده از این ترکیب موجب رسیدگی زودتر و ایجاد رنگ قرمز در فلفل بدون کاهش عملکرد می‌شود. گزارش‌هایی نیز مبنی بر کاهش عمر برگ و طول مدت نگهداری فلفل با افزایش میزان کاربرد اتفون نیز وجود دارد. به هر صورت تأثیر اتفون به نوع رقم، دما، دفعات کاربرد و غلظت استفاده‌شده دارد (Do Rego et al., 2016).

۵-۱۱- فیزیولوژی رشد و رسیدگی میوه

میوه گوشتی فلفل یک الگوی رشد سیگموئید (S شکل) ساده داشته و در پایان دوره رشد وزن تر آن به حداکثر رسیده و به رنگ‌های مختلف مثل ارغوانی، زرد، نارنجی و قرمز درمی‌آید. شدت رنگ بستگی به وارسته، شرایط اقلیمی و مرحله توسعه میوه داشته و موتاسیون می‌تواند باعث تغییر رنگ میوه‌ها شود. در مرحله نخست رشد میوه تقسیم سلولی زیاد بوده و در پی آن با جذب آب و آسمیلات‌ها^۱ این سلول‌ها طویل می‌شوند. در مرحله بعدی دیواره میوه ضخیم می‌شود. میوه‌های با دیواره ضخیم برای مصرف تازه خوری مناسب هستند. از سوی دیگر میوه‌هایی با دیواره نازک مناسب خشک کردن هستند زیرا دارای مواد جامد محلول بیشتری بوده و به دلیل سرعت خشک شدن، کمتر به بیماری‌ها آلوده می‌شوند. در پایان دوره رسیدن میوه‌ها شروع به تغییر رنگ می‌کنند و کلروفیل تجزیه می‌شود. در میوه‌هایی که دارای رسیدگی کلاپماکتریک^۲ هستند رسیدگی میوه با تولید غلظت کم اتیلن همراه بوده و آنزیم‌های کاتالیتیک اتیلن رسیدگی میوه را تسریع می‌کند. در میوه‌های با رسیدگی غیر کلاپماکتریک^۳ اتیلن معمولاً هم از پوست و هم گوشت میوه را تحریک کرده و این کار را بدون افزایش آنزیم‌های کاتالیتیک اتیلن انجام می‌دهد. در این نوع میوه‌ها اتیلن ایجاد پیری می‌کند نه آغاز رسیدگی. در فلفل معمولاً برداشت ممکن است چند ماه به طول انجامد و به‌طور هم‌زمان میوه رسیده و نارس روی یک گیاه مشاهده شود. الگوی تنفس و مقدار اتیلن بیانگر آن است که فلفل رفتاری

1-Assimilates

2-Climacteric

3-Nonclimacteric

غیر کلاسیماکتریک داشته و پس از رشد و رسیدگی هیچ افزایش در مقدار تنفس و اتیلن تولید شده در میوه‌های رسیده‌ی متصل یا جدا شده از گیاه ایجاد نمی‌شود (Lannes et al., 2007).

از دست دادن آب در میوه فلفل پس از برداشت می‌تواند موجب ایجاد چروکیدگی در سطح پوست آن شود که به‌ویژه به شرایط نگهداری آن بستگی دارد. علاوه بر این، افزایش فعالیت‌های اکسیداتیو، افزایش اتیلن و تخریب کلروفیل نیز موجب چروکیدگی سطح پوست میوه می‌شود. پس از برداشت، هدر رفتن ۳ تا ۵ درصد از آب در بافت میوه می‌تواند موجب چروکیدگی سطح آن شود. این امر تأثیر منفی در حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و فروش فلفل دارد. این هدرروی آب ممکن است در فروشگاه‌های بزرگ و سوپر مارکت‌ها ایجاد شود. چراکه فروشنده‌ها به مسئله هدر رفت آب میوه توجه نمی‌کنند (عدم رعایت دما و نکشیدن پلاستیک بر روی فلفل) و عمر نگهداری پس از برداشت به ۳ روز کاهش می‌یابد. مانع اصلی هدر رفت آب از میوه‌های تازه کوتیکول مومی شکلی است که سلول‌های اپیدرمی را می‌پوشاند. یکپارچگی کوتیکول در مقدار هدر رفت بخار آب و ورود پاتوژن‌ها تأثیرگذار است. تبادلات گازی بین میوه و محیط نگهداری معمولاً از نسبت سطح به حجم میوه (سانتی‌متر مربع به سانتی‌متر مکعب) متأثر می‌شود. این نسبت به اندازه و شکل میوه بستگی دارد. بیشتر تلفات آب مربوط به میوه‌هایی است که این نسبت در آن‌ها بالا باشد. با فرض ثابت بودن شکل میوه‌ها، میوه‌های کوچک تازه نسبت به میوه‌های بزرگ‌تر حساسیت بیشتری به هدر رفت آب دارند. به همین دلیل میوه‌های با نسبت سطح به حجم بالاتر دارای طول عمر کمتری در دمای اتاق هستند. نمونه‌ای از ارتباط سطح به حجم میوه و هدر رفت آب آن در جدول ۵-۴ نشان داده شده است (Cabral, 2006). با افزایش نسبت سطح به حجم از ۱/۱۷ به ۵/۲۷ سانتی‌متر مربع به سانتی‌متر مکعب، هدر رفت آب میوه از ۰/۹ درصد به ۳/۲۵ درصد افزایش و عمر میوه به مدت ۵ روز کاهش یافت.

جدول ۵-۴ - نسبت سطح به حجم، هدر رفت آب و روز تا اضمحلال میوه در گونه *Capsicum chinense* ذخیره شده در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد (Cabral, 2006)

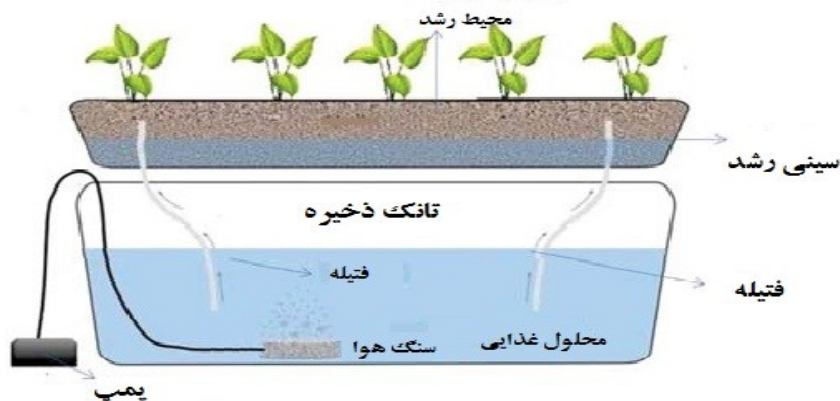
نام واریته	نسبت سطح به حجم (سانتی متر مربع به سانتی متر مکعب)	هدر رفت آب (درصد در روز)	تعداد روز تا اضمحلال میوه
BGH 6371	۱/۱۷	۰/۹	۸
BGH 4213	۲/۷۸	۱/۷۳	۵
BGH 1716	۳/۳۸	۲/۶۳	۵
BGH 1723	۵/۲۷	۳/۲۵	۳

۵-۱۲- استفاده از سامانه های هیدروپونیک برای کشت فلفل

امروزه استفاده از سامانه های بدون خاک از قبیل هیدروپونیک (آب کشت)، آکوا پونیک (آبزی کشت) و ایرو پونیک (هوا کشت) برای کشت انواع محصولات مورد توجه قرار گرفته است. در این میان استفاده از سامانه های هیدرو پونیک به دلیل کارایی بالاتر، رواج بیشتری یافته است. تکنیک هیدروپونیک به کشت گیاهان در محلول غذایی اطلاق می شود که ممکن است با استفاده از موادی که به حمایت مکانیکی گیاه کمک می کند (مثل انواع فیبر، ورمی کولایت و سایر محیط های رشد) انجام شود و یا بدون استفاده از این مواد (Resh, 2013). در سال های اخیر توسعه مناطق شهری و صنعتی علاقه به استفاده از سامانه های کشت هیدروپونیک را افزایش داده است. سامانه های هیدروپونیک مورد استفاده برای گیاه فلفل انواع متفاوتی دارد که عبارت اند از:

۵-۱۲-۱- سامانه هیدروپونیک فتیله ای (Wick System)

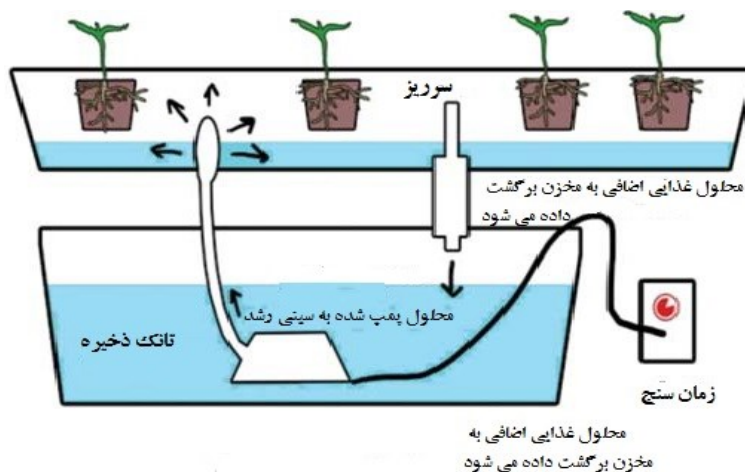
این سامانه بسیار ساده بوده و نیازی به برق، هواساز و پمپ ندارد. در این سامانه گیاهان در یک محیط جاذب مانند الیاف خشک و خشن درخت نارگیل، ورمیکولیت، پرلیت قرار گرفته و با یک فتیله ریشه های گیاه به یک مخزن محلول مواد غذایی متصل می شود. آب و مواد غذایی از راه موئینگی به گیاه می رسد. این شیوه برای گیاهان کوچک که نیاز آبی کمی دارند (مثل تولید گیاهچه های اولیه فلفل) کارآمد است (شکل ۵-۱۲) (Shrestha and Dunn, 2013).



شکل ۵-۱۲ - سامانه هیدروپونیک از نوع فیتله‌ای (Shrestha and Dunn, 2013).

۵-۱۲-۲ - سامانه هیدروپونیک جزر و مدی (Ebb and Flow System)

یکی از اولین سامانه‌های اقتصادی هیدروپونیک، سامانه جزر و مدی است. در این حالت محللول غذایی و آب از مخزن آب از طریق یک پمپ به بستر رشد انتقال یافته و در یک دوره مشخص در یک سطح معین باقی می‌ماند و نیازهای گیاه به مواد غذایی و آب را مرتفع می‌نماید (شکل ۵-۱۳). در برخی از گزارش‌ها پوسیدگی ریشه و افزایش رشد جلبک در این سامانه گزارش شده است (Nielsen et al., 2006). بنابراین برخی از سامانه‌های تکمیلی با در نظر گرفتن تجهیزات تصفیه برای آن پیشنهاد شده است.



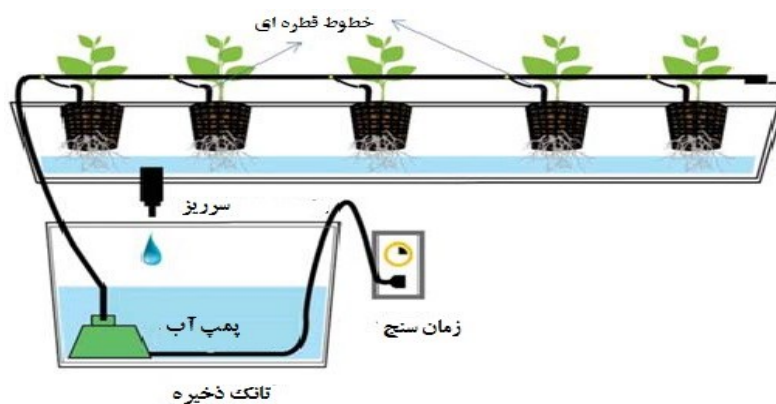
شکل ۵-۱۳ - سامانه هیدروپونیک از نوع جزر و مدی (Nielsen et al., 2006).

۵-۱۲-۳- سامانه هیدروپونیک قطره‌ای (Drip System)

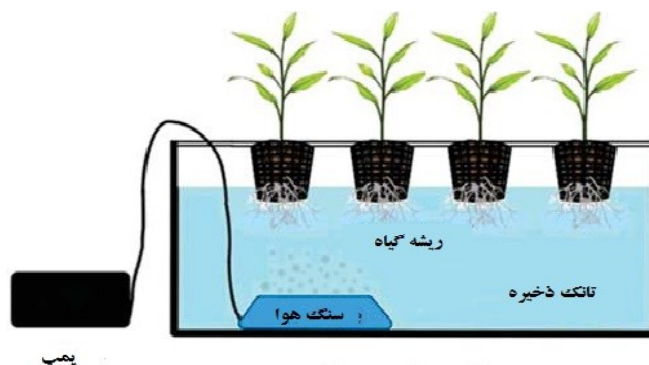
سامانه هیدروپونیک قطره‌ای به طور گسترده در بین تولیدکنندگان خانگی و تجاری استفاده می‌شود. آب و ماده‌ی مغذی از مخزن با کمک پمپ به ریشه‌های گیاه راه می‌یابد. در این سامانه، با توجه به بستر کشت، مواد غذایی به آرامی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (شکل ۵-۱۴) (Rouphael and Colla, 2005).

۵-۱۲-۴- سامانه کشت آب عمیق (Deep Water Culture System)

در کشت آب عمیق، ریشه گیاهان در آب غنی از مواد مغذی به حالت تعلیق درآمده و هوا به وسیله یک سنگ هوا به طور مستقیم به ریشه‌ها منتقل می‌شود. گیاهان در گلدان قرار گرفته و ریشه‌ها در محلول‌های مغذی به حالت تعلیق درآمده و سریعاً رشد می‌کنند. در این نوع کشت هیدروپونیک باید غلظت اکسیژن، شوری و اسیدیته دقیقاً کنترل شود. این نوع سامانه برای گیاهان درشت جثه تر مثل گوجه، خیار و فلفل قابل استفاده است (شکل ۵-۱۵) (Domingues et al., 2012).



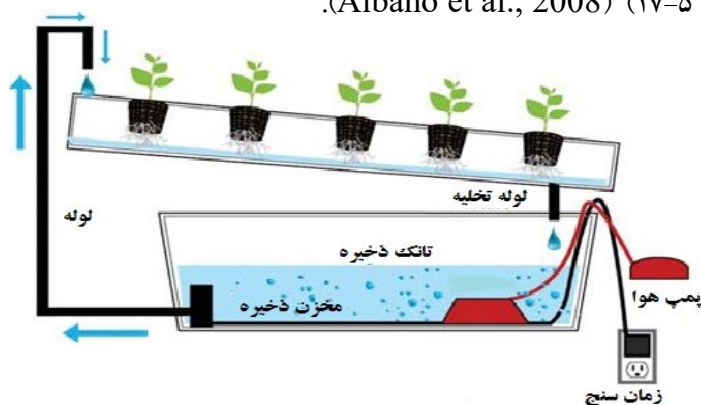
شکل ۵-۱۴ - سامانه هیدروپونیک از نوع قطره‌ای (Domingues et al., 2012).



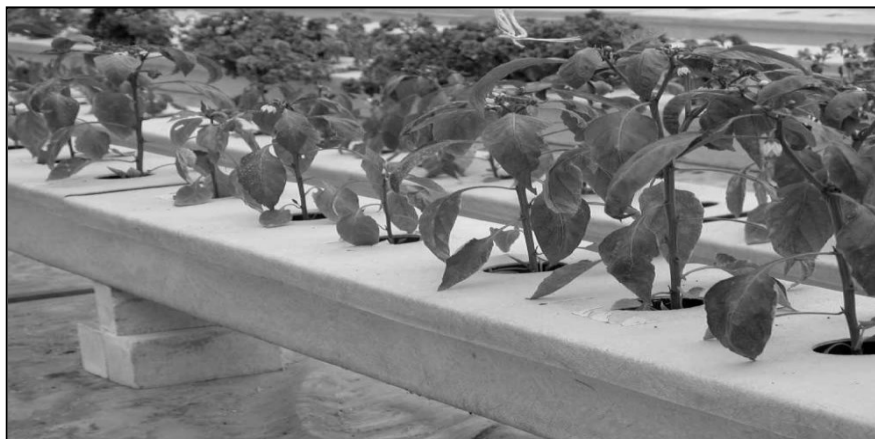
شکل ۵-۱۵- سامانه هیدروپونیک از نوع کشت آب عمیق (Domingues et al., 2012).

۵-۱۲-۵ سامانه فیلم مواد غذایی (Nutrient Film Technique System)

در این سامانه، آب و یا محلول مواد مغذی در کل سیستم گردش می کند و از طریق یک پمپ آب وارد سینی رشد می شود. این نوع سامانه کمی کج طراحی شده و آب و مواد غذایی پس از عبور از ریشه ها به مخزن برمی گردند. گیاهان در کانال یا لوله باریشه های آویزان در محلول هیدروپونیک قرار می گیرند (شکل ۵-۱۶). با توجه به این که ریشه ها به صورت مداوم در معرض محلول غذایی قرار دارند به بیماری های قارچی حساس هستند باین وجود از این سامانه برای تولید بسیاری از محصولات استفاده می شود (Sharma et al., 2018). در عمل ممکن است طول این سامانه چندین متر بوده و روی سیستم دارای پوشش هایی باشد که با ایجاد سوراخ هایی گیاه از آن خارج شود (شکل ۵-۱۷) (Albaho et al., 2008).



شکل ۵-۱۶- سامانه هیدروپونیک از نوع فیلم مواد غذایی (Sharma et al., 2018)



شکل ۵-۱۷ - ابعاد سامانه هیدروپونیک از نوع فیلم مواد غذایی (Albaho et al., 2008).

برای همه سامانه‌ها می‌توان از محلول‌های غذایی استاندارد (شبه محلول *Hoagland's*) که همه ۱۷ نوع عنصر غذایی را دارا است استفاده کرد. برای محصول فلفل شوری محلول غذایی بین ۰/۸ تا ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته بین ۵/۵ تا ۶ در نظر گرفته می‌شود. در بین سبزیجات گیاه فلفل از کارآمدی خوبی برای جذب عناصر غذایی برخوردار است. اگرچه ممکن است در منابع مختلف تفاوت‌هایی در زمینه حد کفایت عناصر غذایی برای گیاه فلفل وجود داشته باشد اما با توجه به اهمیت تغذیه گیاه فلفل هم در شرایط گلخانه و کشت هیدروپونیک و هم در کشت فضای آزاد مطرح است، اطلاعات جدول ۵-۵ در این زمینه می‌تواند مفید باشد (Russo, 2012).

تأثیر عوامل محیطی بر رشد و تولید فلفل
جدول ۵-۵- غلظت نسبی مناسب مواد مغذی بر اساس وزن خشک در بافت برگ‌های فلفل دلمه‌ای
و غلظت مناسب مواد مغذی در خاک (Russo, 2012).

برگ کامل جدید											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	mg kg ⁻¹										
	٪										
مرحله رشد											
کل مراحل	۳/۱-۵	۰/۴-۱	۴-۶	۲-۴	۰/۳-۱	۰/۳-۰/۷	۸۱-۳۰۰	۳۱-۱۰۰	۲۶-۸۰	۹-۳۰	۳۱-۱۵۰
اواسط رشد	-	۰/۳-۰/۷	۴-۵	۳	۰/۳-۲/۸	-	-	-	-	-	-
مرحله	۳/۵	۰/۳-۰/۵	۲/۵-۵	۰/۹-۱/۵	۰/۳-۱/۵	۰/۳-۰/۶	۳۰-۱۵۰	۳۰-۱۰۰	۲۵-۸۰	۵-۱۰	۲۰-۵۰

خاک											
pH	EC	P	K	Ca	Mg	CEC ^۱	Fe	Mn	Zn	Cu	OM ^۱
-	dS m ^{-۱}	mg kg ^{-۱}	mg kg ^{-۱}	Meq 100ml ^{-۱}				mg kg ^{-۱}			%
۵/۵-۷/۵	۰/۷۵<	۲۰-۸۰	۰/۵-۲	۳/۵-۳۰	۱/۵-۱۰	۷-۴۰	۱۰-۱۰۰	۱۰-۴۰	۳-۱۵	۳-۱۵	>۳

^۱ ظرفیت تبادل کاتیونی
^۱ درصد مواد آلی خاک

فصل ششم

۶- ژنتیک و اصلاح فلفل

۶-۱- مقدمه

یک برنامه اصلاحی شامل فعالیت‌های متعددی مانند نگهداری بانک ژرم پلاسما، ارزیابی تنوع ژنتیکی، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، هیبریداسیون و ارزیابی جمعیت‌های در حال تفرق بوده و این فعالیت‌ها برای تولید ارقام جدید ضروری است. اهداف اساسی برای اصلاح این محصول در صنعت و یا مصرف تازه شامل: انتخاب ارقام با عملکرد بالا، کیفیت میوه مطلوب، مقاوم در برابر آفات و بیماری‌ها و متحمل در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده می‌باشد. فلفل‌ها پتانسیل اصلاحی بالایی از لحاظ تغذیه دارند، زیرا محتوای بالایی از ویتامین A و C و کاروتنوئیدها دارند. در سال‌های اخیر، به‌عنوان گیاهان زینتی هم بسیار مطرح شده‌اند. اصلاحگران برای دستیابی به این اهداف، از روش‌های اصلاحی مختلفی بهره می‌گیرند.

بومیان آمریکایی، اولین اصلاحگران جنس *Capsicum* بودند که از طریق انتخاب، گونه‌های مختلف این گیاه را اهلی کردند (Heiser, 1979) و منجر به تولید بسیاری از انواع میوه‌هایی امروزی شده‌اند. اصلاح فلفل بیشتر از طریق انتخاب توده‌ای^۱ صورت

¹ - Mass selection

گرفته است و اخیراً اصلاحگران تأکید زیادی بر استفاده از هیبریداسیون در برنامه‌های اصلاحی دارند (Labuschagne, 2004a; Patil and Salimath, 2008; Geleta and Rêgo et al. 2009b, 2012b, c, 2015a; Nascimento et al. 2014; Ferreira et al. 2015; Fortunato et al. 2015). هر نوع فلفل، با داشتن ویژگی‌های خاص خود می‌تواند دارای جنبه‌هایی از بازارپسندی باشد (جدول ۶-۱). بسته به میزان وراثت‌پذیری صفات، اصلاح بعضی از صفات (مانند میزان تندی) نسبت به بقیه صفات مشکل‌تر است (Zewdie and Bosland, 2000).

در یک برنامه اصلاحی موفق، آگاهی از ژنتیک صفات و سازگاری بین و درون گونه‌ها لازم است. در جمعیت‌های با سطح تنوع بالا، معمولاً روش‌های مبتنی بر انتخاب^۱ بدون استفاده از هیبریداسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fehr, 1987; Rêgo et al. 2009a, b, 2011a, 2012b, c, 2015b; Nascimento et al. 2014; Ferreira et al. 2015; Fortunato et al. 2015). در روش‌های اصلاحی مبتنی بر هیبریداسیون^۲ انتخاب والدین یک گام مهم است که معمولاً بر اساس عملکرد و هم‌افزایی‌های میان آن‌ها انتخاب می‌شوند.

جدول ۶-۱- اهداف اصلاحی برای کیفیت میوه و بوته برحسب نوع مصرف

نوع بازار	صفات کمی و کیفی مهم میوه و بوته
میوه تازه	ظاهر فیزیکی، رنگ، تندی، شکل، اندازه، تعداد، طعم، ضخامت پریکارپ، نسبت اندوکارپ به بذر، ویتامین A، C، E، B1، B3 و عملکرد
میوه فراوری شده سس‌ها و ترشی‌ها)	رنگ، تندی، طعم، ضخامت پریکارپ، مواد جامد محلول، نسبت اندوکارپ به بذر، عملکرد
میوه خشک شده (پودر)	رنگ، تندی، طعم، وزن خشک، نسبت اندوکارپ به بذر، فیبر کم، مواد جامد محلول، پتانسیل تولید
استخراج الورسین ^۳	رنگ و تندی و عملکرد روغن‌های ضروری

1-Selection-based methods

2-Hybridization-based methods

3- Oleoresin

نوع بازار	صفات کمی و کیفی مهم میوه و بوته
زینتی (بوته)	ظاهر فیزیکی (رنگ، شکل و اندازه گل‌ها، برگ‌ها و میوه‌ها)، ارتفاع بوته، عرض سایه‌انداز، نسبت بین ارتفاع و عرض سایه‌انداز با اندازه گلدان، عملکرد میوه در بوته
زینتی (میوه)	رنگ، تندی، شکل، تعداد میوه در مرحله رسیدگی (حداقل ۲ عدد)، موقعیت میوه روی بوته (ایستاده در شاخ و برگ)
پس از برداشت (میوه)	سفتی، پژمردگی (از دست دادن آب)، رنگ
پس از تولید (بوته)	سفتی میوه، مقاومت برگ‌ها و میوه‌ها بر روی بوته، رنگ میوه و برگ، طول عمر در گلدان (به‌روز)، مقاومت به اتیلن

منبع: Bosland (1993), Yuen and Hoffman (1993), Poulos (1994), Rêgo et al. (2009a, b)



شکل ۱-۶- کنترل گرده‌افشانی در گونه‌های فلفل (Rêgo, 2001)

۲-۶- تنوع ژنتیکی

اولین لیست ژن‌های جنس کاپسیکوم حاوی ۵۰ ژن بود که قوانین نام‌گذاری و استانداردسازی ژن‌ها توسط لیپرت^۱ و همکاران (۱۹۶۵) تعریف شد. داسکالو و پولوس^۲

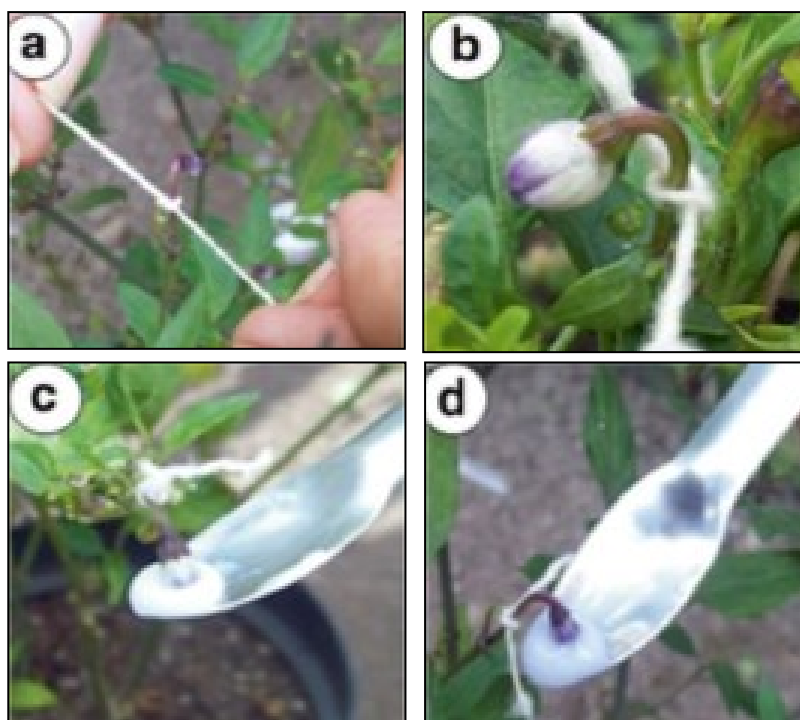
1-Lippert

2-Daskalov and Poulos

(۱۹۹۴) و کمیته فلفل و بادمجان^۱ این لیست را گسترش دادند و پروتکل‌ها را برای اسامی و نمادها تشریح کردند. به تازگی، وانگ و بوسلند^۲ (۲۰۰۶) طی بررسی‌هایی ۲۹۲ ژن را برای این جنس توصیف کرده‌اند.

تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی، در داخل و بین گونه‌های موجود در بانک ژرم پلاسما و انواع تجاری، بسیار بررسی شده است (Rêgo, 2001; Rêgo et al. 2015a,b; Nascimento et al. 2014; Rêgo et al. 2011b, c).

در این گونه گیاهی، میزان دگرگرده‌افشانی مشخص نیست، اما در بعضی موارد پیدا کردن درصد دگرگرده‌افشانی آسان است، مانند مزارع فلفل شیرین در تلاقی با فلفل‌های تند. کنترل گرده‌افشانی تک بوته (Rêgo, 2001) و یا حتی چند بوته (Bosland, 1993)، از طریق قفس‌های پارچه‌ای (از جنس آرگانزا) (شکل ۶-۱) و یا استفاده از چسب روی جوانه گل (شکل ۶-۲) امکان‌پذیر است (Rêgo et al., 2012d).



1-The Committee of Capsicum and Eggplant Newsletter

2-Wang and Bosland



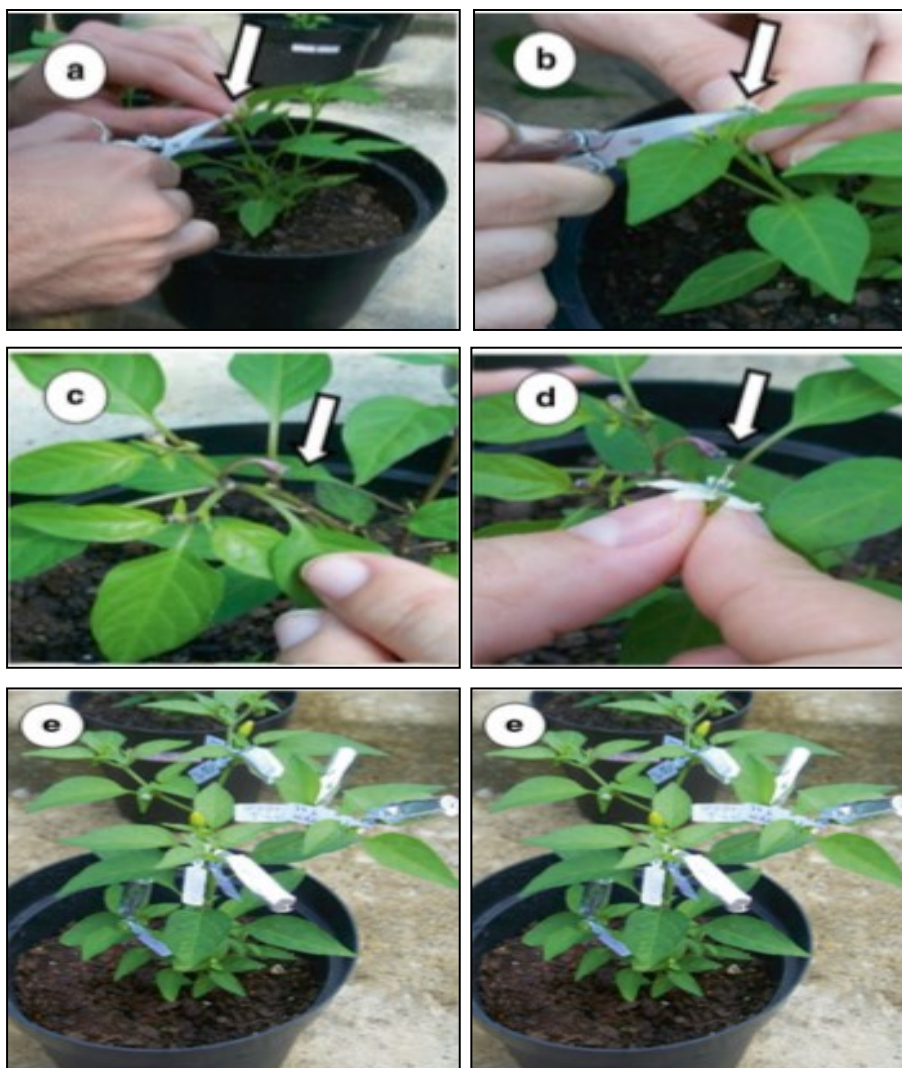
شکل ۶-۲- مراحل خودگرده افشانی: (a, b) تشخیص جوانه گل؛ (c, d) چسب زدن جوانه؛ (e) جوانه با چسب؛ (f) جوانه پس از سه روز؛ (g) جوانه پس از ۵ روز؛ (h) میوه (Rêgo et al., 2012b).

۶-۳- هیبریداسیون و ترکیب پذیری

هیبریداسیون، به عنوان منبع جدید ترکیبات ژنتیکی و سازوکار شکل گیری گونه های جدید، عامل مهمی در تکامل گیاهان است. همچنین، این روش برای وارد کردن ژن های با ویژگی های مطلوب به گیاه از طریق هیبریداسیون درون گونه های فلفل بررسی شده است؛ (Legg and Lippert, 1966 Rêgo et al., 2009b). مراحل تلاقی دستی در شکل ۶-۳ نشان داده شده است.

معمولاً در هیبریداسیون بین واریته های یک گونه، مقدار مناسب دانه با درصد کم میوه (حدود ۲۰ درصد) تولید می شود (Nascimento et al., 2015a, b, c, d). بذور حاصل از تلاقی های بین گونه ای نیز به دلیل ناسازگاری و یا ناهماهنگی تلاقی ها مشکل تر است

(Bosland and Votava, 2003; Costa et al., 2009; Nascimento et al., 2012). در برخی از گزارش‌ها تلاقی بین *C. chinense* و *C. annuum* دارای میزان میوه متغیر (۲۹-۰ درصد) بوده است (Nascimento et al., 2012). باین وجود در برخی پژوهش‌ها درصد میوه حاصل از تلاقی این دو گونه ۸/۸۸ تا ۴۰ درصد گزارش شده است (Costa et al., 2009).



شکل ۶-۳- تلاقی دستی در فلفل مراحل: (a,b) اخته کردن; (c) جوانه اخته شده; (d) گرده‌افشانی; (e) جوانه پوشش‌دار شده; (f) میوه برچسب‌دار (Rêgo et al. 2012b)

۶-۳-۱- هیبریداسیون مصنوعی

۶-۳-۱-۱- ابزار گرده افشانی

برای هیبریداسیون مصنوعی تجهیزاتی مثل یک انبرک با نوک‌های تیز و حلقه‌ها یا برچسب‌هایی برای نشانه‌گذاری گل‌های تلاقی، یک ظرف پلاستیکی کوچک با درب محکم برای جمع‌آوری و ذخیره گرده (حلقه گرده افشانی) و همچنین یک جعبه محکم حاوی ژل سیلیکا یا CaCO_3 برای خشک کردن پرچم‌ها، یک برس خوب، کاغذ موم و کیسه مش ریز برای استخراج گرده‌ها لازم است (شکل ۶-۴). هنگامی که تعداد زیادی گرده افشانی با استفاده از گرده یک والد نر انجام می‌شود، ممکن است از حلقه گرده افشانی استفاده شود. این وسیله دارای یک حلقه کوچک با یک استوانه توخالی است که به یک استوانه جامد کوچک‌تر وصل شده و قادر است در داخل آن به بالا و پایین حرکت کرده و حجم را کنترل کند (شکل ۶-۴) (Berke, 2000).



شکل ۶-۴- ابزار لازم برای گرده افشانی (Berke, 2000)

۶-۳-۱-۲- آماده‌سازی والد مادری

برای گرده افشانی نیاز به گیاهان مادری با بنبه‌ی بالا و شرایط محیطی مناسب از نظر کنترل علف هرز، کوددهی و نوردهی است. معمولاً جمعیت گیاهان مادری بین ۳۰-۴۰ هزار بوته در هکتار بوده و تراکم جمعیت گیاهان پدری می‌تواند از جمعیت مادری بیشتر

باشد. گیاهان باید در محیط نسبتاً خنک (بیشینه دمای کمتر از ۲۵ و کمتر از ۳۰ درجه سانتی گراد به ترتیب برای فلفل دلمه‌ای و فلفل قرمز) و خشک کشت شوند تا احتمال بیماری‌ها و آلودگی حشرات به حداقل برسد. برگ‌ها و گل‌ها نباید مرطوب شوند، بنابراین سامانه آبیاری قطره‌ای مناسب است. کشت در خاک‌های سبک و درصد شن بیشتر، میوه‌هایی با دانه‌های با رنگ روشن‌تری تولید می‌کند. برای جلوگیری از پوسیدگی گل در فلفل دلمه‌ای باید از آهک (CaCO_3) و MgSO_4 استفاده و قبل از گلدهی مقدار کود نیتروژن کاهش یابد. توصیه می‌شود در طول گرده‌افشانی از KH_2PO_4 ، به عنوان منبع فسفر و پتاسیم به صورت هفتگی برای تحریک گل و میوه استفاده شود.

برای گرده‌افشانی پایه مادری، در مرحله اول تمام میوه‌های گرده‌افشانی شده و گل‌های باز را از بین ببرید و فقط گل‌های بسته را باقی بگذارید. احتمال موفقیت در هیبریداسیون فلفل در گره‌های ۴-۲ هر بوته (Rylski, 1984) و یا در گره ۵-۴ برای فلفل دلمه‌ای و گره ۶-۵ برای فلفل قرمز مشاهده شده است (Aleemullah, 1996). عمل اخته کردن گل ماده درست قبل از شکوفا شدن پرچم آن گل باید صورت گیرد (Marffitina, 1975; Aleemullah et al., 1996). در این مرحله باید پرچم‌ها را با دقت و بدون آسیب رساندن به مادگی حذف نمود. اخته کردن گل‌های جوان نسبت به گل‌های قدیمی سخت‌تر بوده و به راحتی آسیب می‌بینند. در صورت وجود دو یا چند گل در یک گره تنها یک گل را باقی بگذارید تا رقابت برای مواد مغذی کاهش یابد و رشد میوه تقویت شود. برای تولید بذر هیبرید فلفل دلمه‌ای شیرین در محیط آزاد، تعداد بهینه برای تولید حداکثر مجموعه دانه و قدرت بذر، ۸-۶ میوه در بوته در نظر گرفته می‌شود. برای فلفل قرمز، تعداد بهینه میوه به اندازه میوه بستگی داشته و به طور کلی ۲۰-۱۵ میوه در هر گیاه، تعداد بهینه خواهد بود.

اخته کردن گل‌ها در اوایل صبح یا اواخر بعدازظهر امکان‌پذیر است. قبل از اخته کردن گلبرگ‌ها را حذف کنید و سپس پرچم‌ها را بدون آسیب زدن به مادگی جدا کنید (شکل ۵-۶). با برداشتن گلبرگ‌ها، زنبورها معمولاً جذب گل‌ها نمی‌شوند و بنابراین نیازی به پوشاندن گل اخته شده نیست (باد عامل ایجاد گرده‌افشانی در فلفل محسوب نمی‌شود). گل‌های اخته شده را برای تشخیص در روزهای آینده با یک گیره علامت گذاری کنید.



شکل ۶-۵- جدا کردن پرچم‌ها بدون آسیب به مادگی (Berke, 2000)

۶-۳-۱- نحوه گرده‌افشانی

جمع‌آوری گرده زنده و فراوان از پرچم‌های تازه شکوفا شده در هر زمانی از روز امکان‌پذیر است. دمای مطلوب برای جوانه‌زنی گرده ۲۵-۲۰ درجه سانتی گراد است. در دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد، میزان زنده ماندن گرده بطور چشمگیری کاهش می‌یابد. اگر تعداد کمی تلاقی داخل گلخانه صورت می‌گیرد، دیگر نیازی به جمع‌آوری گرده نیست. اما برای تولید بذر هیبرید تجاری مقدار زیادی گرده باید از والدین پدری جمع‌آوری شود. ابتدا گل‌ها را برداشت و سپس پرچم‌ها را از گل‌ها جدا کنید، و در یک کاغذ مومی و درون یک جعبه خشک کن با ژل سیلیکا یا CaCO_3 به مدت یک شب قرار دهید. پرچم‌های خشک شده را با یک سکه کوچک یا سنگ داخل یک کیسه مش ریز قرار دهید. کیسه را داخل یک ظرف پلاستیکی محکم قرار داده و به شدت تکان دهید تا گرده از پرچم‌ها جدا شود. گرده خشک شده را می‌توان در دمای اتاق (۲۵-۲۰ درجه سانتی گراد) برای تقریباً ۴۸-۲۴ ساعت و تا یک هفته در دمای صفر درجه سانتی گراد نگهداری کرد (Berke, 2000).

گرده‌افشانی با استفاده از یک برس نرم و یا فروبردن کلاله در حلقه گرده‌افشانی که حامل میزان زیادی گرده است، امکان‌پذیر است. (شکل ۶-۶). این فرآیند تا زمانی که تمام گل‌های اخته شده گرده‌افشانی شود ادامه می‌یابد. میزان موفقیت گرده‌افشانی عموماً ۸۰-۶۰ درصد است. یک نفر در یک روز می‌تواند هم زمان ۴۰۰ گیاه را اخته و گرده‌افشانی کند. برای حداکثر تولید میوه، بهترین زمان روز برای گرده‌افشانی تا ساعت ۱۰ صبح و یا

بعد از ۳ بعد از ظهر است که با خنک شدن هوا شادابی گیاه بیشتر است. بنابراین بین ساعت ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر عمل اخته کردن را می توان انجام داد. تعداد بذر در هر میوه بستگی به ژنوتیپ و محیط دارد (Berke, 2000).

دمای شب مهم ترین تأثیر را در لقاح و تولید بذر دارد. در فلفل شیرین در دمای شب کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد، دانه های کمی در هر میوه تولید می شود. در دمای شب کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد لقاح صورت نمی گیرد و میوه به صورت پارتنوکاری تولید می شود (Rylski, 1984). به طور کلی دمای شب ۱۷-۲۰ درجه سانتی گراد دمای مناسب برای لقاح و تولید میوه می باشد، در حالی که دمای شبانه بالاتر از ۲۱ درجه سانتی گراد باعث ریزش گل می شود (Rylski, and Spigelman, 1982). دمای مطلوب روز بین ۲۸-۲۵ درجه سانتی گراد است، دمای بالا در روز (۳۲ درجه سانتی گراد) تا زمانی که دمای شب بهینه باشد، ریزش گل را افزایش نمی دهد. رطوبت بسیار کم هم از لقاح جلوگیری کرده و ریزش گل را تقویت می کند.



شکل ۶-۶- فرورودن کالاله در حلقه گرده افشانی (Berke, 2000)

۶-۴- نرعقیمی

نرعقیمی به دلیل عدم وجود گرده فعال در گل، یک صفت مورد توجه در اصلاح فلفل است. نرعقیمی اولین بار توسط مارتین و کرافورد^۱ (۱۹۵۱) و سپس توسط پترسون^۲ (۱۹۵۸) با کار بر روی *C. annuum* توصیف شد و سپس حالت نرعقیم ژنتیکی^۳ (GMS) و سیتوپلاسمی^۴ (CMS) توسط شیفریس^۵ (۱۹۹۷) مورد استفاده قرار گرفت. بذور هیبرید تجاری در فلفل از طریق اخته کردن دستی و یا سامانه نرعقیمی به دست می آید (Berke, 2000). محدودیت استفاده از سامانه نرعقیمی ژنتیکی شامل شناسایی و حذف ۵۰ درصد نتاج نر بارور می شود که عملی خسته کننده و وقت گیر بوده و مهم تر اینکه در اثر شناسایی نادرست نرعقیمی و خود گرده افشانی، امکان ایجاد بذور ناخالص از نظر ژنتیکی را فراهم می آورد (Dhaliwal, and Jindal, 2014). در نرعقیمی سیتوپلاسمی، عقیمی در اثر عمل متقابل بین سیتوپلاسم (نوع S) و ژن باز گرداننده باروری هسته در حالت مغلوب (*rrfrf*) حاصل می شود. تولید و نگهداری این لاین نرعقیم (*Srfrf*) که اصطلاحاً A-Line خوانده می شود از طریق لاین نگهدارنده (*Nrfrf*) که اصطلاحاً B-Line نامیده می شود، امکان پذیر بوده و در این حالت نتاج ۱۰۰ درصد نرعقیم به دست می آید که ضمن اطمینان از خلوص F_1 ، باعث کاهش هزینه تولید بذور هیبرید می شود (Yang et al., 2008). اما سامانه نرعقیمی در فلفل یک سامانه ناپایدار بوده که تحت تأثیر نوسانات محیطی و پیشینه ژنتیکی، دانه گرده تولید می کند. هنگامی که دما به زیر ۲۵ درجه سانتی گراد در روز و ۱۷ درجه سانتی گراد در شب کاهش می یابد، باروری گرده تا حدودی ایجاد می شود (Kim et al., 2013). همچنین بیان CMS می تواند تحت تأثیر حضور برخی ژن های تغییردهنده^۶ قرار گیرد (Yu, 1985).

-
- 1- Martin and Crawford
 - 2- Peterson
 - 3- Genetic male sterility
 - 4- Cytoplasmic male sterility
 - 5- Shiffriss
 - 6- Modifier

تولید بذر هیبرید تجاری برای اطمینان از خلوص ژنتیکی بذر F_1 نیاز به CMS پایدار دارد. بنابراین، به طور مداوم باید لاین‌های CMS موجود بهبود یافته و لاین‌های جدید CMS برای برآورده کردن نیازهای جدید توسعه یابند. لاین‌های CMS پایدار می‌تواند با انتخاب گیاهان نگهدارنده متحمل به نوسانات دمایی، با از بین بردن ژن (های) تغییر دهنده از طریق انتخاب گیاه نگهدارنده و با غربال‌گری نتاج در شرایط دمای پایین برای بیان حداکثر صفت حاصل شود (Gniffke et al., 2009).

۶-۵- وراثت‌پذیری و ترکیب‌پذیری صفات کمی

مطالعات تحقیقاتی در مورد وراثت‌پذیری خصوصی در فلفل اندک گزارش شده است، اگرچه در زمینه برآورد وراثت‌پذیری عمومی برای چند صفت فلفل مطالعات خوبی در دسترس است (Poulos 1994; Sreelathakumary and Rajamony, 2004; Hasanuzzaman et al. 2012).

وجود اثر اپیستاتیک (پوشانده شدن اثر فنوتیپی یک ژن به وسیله ژن‌های دیگر) را برای صفات کل مواد جامد محلول، ماده خشک میوه، ضخامت پریکارپ، ارتفاع گیاه، قطر کانونی بین گیاهان و عملکرد گزارش کرد (Rêgo, 2001). مدل غالبیت - افزایشی برای صفات قطر و طول میوه، وزن میوه، محتوای مواد میوه، عرض کانوپی بین ردیف‌ها، عملکرد میوه در بوته ارائه شده است (Anandhi and Khader, 2011). اثرات اپیستاتیک برای صفات ارتفاع بوته، تعداد انشعاب، عملکرد میوه در بوته طول و قطر میوه عملکرد بذر در میوه و عملکرد میوه سبز در گیاه فلفل گزارش شده است (Nascimento et al., 2012). آگاهی از قدرت ترکیب‌پذیری والدین، پیش‌نیاز تلاقی‌هایی است که باهدف تولید هیبریدهای مطلوب انجام می‌شوند. قدرت ترکیب‌پذیری عمومی^۱ (GCA) مربوط به اثرات افزایشی ژن است، درحالی‌که قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی^۲ (SCA) با اثرات غالبیت یا غیر افزایشی ژن مرتبط است. به‌طور کلی داشتن قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مناسب و

1- General Combining Ability

2- Specific Combining Ability

داشتن حداقل یک والد با قدرت ترکیب پذیری عمومی خوب در رابطه با صفت مورد نظر در برنامه اصلاحی گیاه فلفل مورد توجه بوده است (Rêgo et al., 2009b; Nascimento et al., 2014; Ferreira et al., 2015).

در مطالعه‌ای اثرات GCA و SCA روی ۱۴ صفت در گونه *C. baccatum* بررسی و نتایج، اهمیت اثرات افزایشی و غیر افزایشی را در بروز چندین صفت کمی نشان دادند (Rêgo et al. 2009b). وجود اثرات ژنتیکی غیر افزایشی در صفات: عرض میوه، مواد جامد محلول، ضخامت پریکارپ، ارتفاع بوته، قطر سایه انداز بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها و عملکرد می‌تواند در برنامه‌های خاص برای تولید هیبرید مورد بررسی قرار گیرد. در مطالعات مشابه روی گونه *Capsicum annuum*، معنی‌دار بودن اثرات GCA و SCA روی تمام صفات آزمایشی گزارش شد (Nascimento et al., 2014; Ferreira et al., 2015). همچنین اثرات متقابل برای تمامی صفات به جز طول میوه، ضخامت پریکارپ و عملکرد بذر در میوه نشان داده شد.

برای صفاتی که اثرات افزایشی ژن در آن‌ها غالب است، استفاده از بک کراس و روش‌های مبتنی بر انتخاب توصیه می‌گردد. برای صفات با اثرات غیر افزایشی، بهره‌برداری از بنیه هیبرید به عنوان یک استراتژی توصیه می‌شود.

۶-۶- روش‌های اصلاحی

با توجه به اهداف برنامه اصلاحی و وجود تنوع ژنتیکی در جمعیت پایه، روش‌های مختلفی توسط اصلاح‌گر در ایجاد یک رقم جدید استفاده می‌شود. روش‌های رایج در ایجاد انواع گونه‌های کاپسیکوم در ادامه آمده است:

۶-۶-۱- انتخاب توده‌ای

این روش برای جمعیت‌های دارای تنوع ژنتیکی و برای صفات با وراثت پذیری بالا که در محیط به‌خوبی بروز کنند، استفاده می‌شود، زیرا انتخاب بر اساس فنوتیپ است. در

برزیل، این روش به طور قابل ملاحظه‌ای توسط گروه‌های اصلاحی دانشگاه فدرال پارایبا (UFPB)، دانشگاه ایالتی نورت فلومیننس (UENF) و سبزیجات امپراپا^۱ استفاده شده است.

۶-۲-۲-۲-۲ روش شجره‌ای

این روش بر اساس هیبریداسیون بوده که بعد از تلاقی اولیه شجره هر بوته انتخاب شده در داخل و بین خطوط ثبت می‌شود (Fehr, 1987). در واقع تفرق نسل‌های F3، F4 و F5 ارزیابی شده و لاین‌ها بر اساس اهداف اصلاحی به دست می‌آیند. ارقام Ouro Negro و UFPB2، با استفاده از این روش اصلاح شده‌اند.

۶-۳-۲-۲-۲ روش بک کراس

زمانی که هدف اصلاحی، انتقال یک یا چند ژن به گونه مطلوب و موردنظر باشد از این روش استفاده می‌شود. در مورد گیاه فلفل مورد موفقیت آمیز استفاده از بک کراس برای انتقال ویروس مقاومت از گونه *C. chinense* به *C. frutescens* بود (Greenleaf, 1986). به طور کلی این روش برای معرفی ژن‌های مقاومت در برابر بیماری‌ها بسیار مناسب شناخته شده است.

۶-۳-۱-۲-۲ روش بالک تک بذر

این روش شامل پیشرفت نسل‌ها بدون برداشت تمام بذر است. در واقع از هر بوته یک بذر گرفته می‌شود (Fehr, 1987). مراحل بهبود می‌تواند در گلخانه انجام شود. ویلالون^۲ (۱۹۸۶) برای تثبیت کردن ژن‌های مغلوب مقاومت به پاتی ویروس^۳ در فلفل از این روش استفاده کرده است. موریرا^۴ و همکاران (۲۰۰۹) از این روش برای به دست آوردن لاین‌های فلفل مقاوم به بیماری باکتریایی با عملکرد بالا استفاده کردند.

1-Embrapa

2-Villalon

3-Potyvirus

4-Moreira

۶-۶-۳-۲-اصلاح موتاسیونی

موتاسیون در واقع روش اصلاحی نیست، بلکه روش کمکی برای اصلاحگران برای تولید آلل های جهش یافته جدید است؛ یعنی ژن های غیر موجود در جمعیت اصلاحی را از طریق موتاسیون ایجاد می کنند. برای مثال به طور موفقیت آمیزی موتانت هایی برای رنگ پریکارپ در فلفل از طریق مواد موتاژن شیمیایی و با اشعه یونیزاسیون معرفی شدند و از طریق انتخاب در نسل های بعد افراد پایدار تولید شدند (Bhargava and Umalkar, 1989). همچنین از طریق القاء شیمیایی، موتانت های گونه فلفل *C. praeteriusum* مقاوم به استرپتومایسین به دست آمده است. گروه تحقیقاتی دانشگاه فدرال پارایبا، از طریق موتاژن های شیمیایی و فیزیکی در توسعه تنوع ژنتیکی صفات میوه و گیاه موفق بودند. ناسیمتو و همکاران (۲۰۱۵a). مطالعاتی بر روی فرم های مختلف میوه در گیاهان جهش یافته، میزان ماده اتیل متان سولفونات ایده آل (EMS) و زمان در معرض قرار گرفتن آن داشتند.

۶-۶-۳-۱-انتخاب دوره ای

این روش شامل تلاقی های بین جمعیتی برای تشکیل یک جمعیت پایه جدید است که برای انتخاب صفات کمی با وراثت پذیری پایین استفاده می شود. پالوکس^۱ و همکاران (۱۹۹۰a,b) از این روش برای ایجاد دو لاین فلفل (*C. annuum*) مقاوم به *Verticillium dahliae* و *phytophthora capsici* استفاده شده است.

۶-۷- پروژه تولید بذور هیبرید

فلفل گیاهی خود گشن (آتوگام) بوده اما بسته به ژنوتیپ و شرایط محیط درصد دگرگشی آن بین ۷ تا ۹۱ درصد می باشد. این گیاه دیپلوید است و تعداد کروموزوم در فلفل های شیرین $n=13$ و در فلفل های تند $n=12$ می باشد. پدیده هتروزیس در فلفل مشاهده شده و عملکرد بذور هیبرید حدود ۳۰ درصد بیشتر از ارقام رایج بوده است.

بنابراین واریته‌های هیبرید نسبت به لاین‌های خالص و ارقام آزادگرده افشان برتری دارند. هیبریدها شامل انواع سینگل کراس، تری‌وی کراس و دابل کراس هستند. در حال حاضر تنها هیبریدهای سینگل کراس به دلیل یکنواختی در رسیدگی و ساختار گیاه به‌طور وسیع استفاده می‌شوند و تولید هیبریدهای تری‌وی کراس و دابل کراس جایگاهی ندارد. اما هیبریدهای سینگل کراس به دلیل یکنواختی، پایداری عملکرد کمتری در مقایسه با هیبریدهای تری‌وی کراس و دابل کراس دارند و بنابراین اثر متقابل ژنوتیپ $\times$ سال در هیبریدهای سینگل کراس بیشتر از تری‌وی کراس است (Fite, 2003). به‌طور خلاصه پروژه تولید بذور هیبرید شامل مراحل اساسی زیر می‌باشد:

- تعیین هدف و مرور منابع

باید برای اصلاحگر کاملاً مشخص باشد که بذور هیبرید را برای چه صفاتی و در چه حد و میزان می‌خواهد تولید کند. همچنین بر اساس مطالعات قبلی دقیقاً معلوم باشد که این صفات انتخابی چند ژنی (مونوژن یا پلی ژن) و از چه نوعی (افزایشی یا غالبیت) هستند. نکته دیگر این که وراثت این صفات در مطالعات قبلی در چه حد برآورد شده است.

- انتخاب ژرم پلاسِم

اولین فاکتور اساسی در برنامه اصلاحی انتخاب ژرم پلاسِم است. برای مثال چندین کشور آمریکای لاتین و در بین آن‌ها برزیل، به عنوان دارنده مجموعه ژرم پلاسِم غنی جنس *Capcicum* شناخته شده‌اند (IBPGRI, 1983). بانک‌های فعال ژرم پلاسِم برزیل برای فلفل، دانشگاه فدرال پارایبا^۱ (BAG-UFPB, Areia-PB)، دانشگاه فدرال ویکاسا^۲ (BAG-UFV, Viçosa-MG) و دانشگاه ایالتی نورث فلومینانس (BAG-UENF, Campos dos Goytacazes-RJ) می‌باشند.

1-Paráiba

2-Viçosa

– بررسی تنوع ژنتیکی

پایه و اساس اصلاح نباتات انتخاب است و زمانی انتخاب امکان پذیر است که جمعیت مورد نظر از تنوع ژنتیکی بالا برای صفات مورد نظر برخوردار باشد. بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی، در داخل و بین گونه های موجود در بانک ژرم پلاسما و انواع تجاری، گام ضروری برای برنامه اصلاح است.

– هیبریداسیون

هیبریداسیون یک فرآیند بسیار سخت و وقت گیر در اصلاح نباتات بوده و در عین حال نیاز به مهارت دارد. به منظور صرفه جویی در وقت و هزینه می توان این فرآیند را با تنوع ژنتیکی (مرحله ۳) هم زمان انجام داد.

– استخراج لاین

پس از اطمینان از وجود تنوع ژنتیکی با توجه به خود گشن یا دگر گشن بودن گیاه، با استفاده از یکی از روش های اصلاحی کلاسیک (در اکثر مواقع برای گیاهان خود گشن روش شجره ای استفاده می شود) نسل های در حال تفکیک (F2-F6) ارزیابی می شوند. به منظور دستیابی سریعتر به لاین های خالص می توان از روش های مولکولی و نشانگر مولکولی مشخص برای صفات مختلف بهره جست (پروژه تولید لاین نر عقیم نیز در این مرحله انجام می گیرد).

– ارزیابی لاین ها

در قالب آزمایش های مقدماتی عملکرد لاین های استخراج شده از نظر عملکرد و صفات مورد هدف با شاهد ارزیابی شده و بهترین ها انتخاب می شوند.

– بررسی قدرت ترکیب پذیری

با توجه به اینکه مسئله اساسی در تولید بذر هیبرید، وجود هترویس برای صفات مورد نظر است، بنابراین پس از استخراج لاین های والدین، بایستی این لاین ها در قالب یکی از طرح های ژنتیکی (دای آلل، نورس کارولینا و...) از نظر قابلیت ترکیب پذیری بررسی شوند

تا در نهایت بهترین ترکیب‌ها شناخته و معرفی شوند. در این زمینه بحث تشکیل گروه‌های هتروژیک بسیار مطرح و مورد استفاده است.

– بررسی سازگاری لاین‌ها

مسئله مهم در برنامه اصلاحی انتخاب هیبریدهایی است که در سال‌های مختلف و نواحی متفاوت سازگاری خوبی برای صفات مورد نظر و هم‌چنین عملکرد نشان دهند. بنابراین در این مرحله هیبریدها در چند منطقه و چند سال ارزیابی شده و در نهایت بهترین هیبریدها معرفی می‌شوند.

– تکثیر لاین‌های والدین و تولید بذر F1

پس از مشخص شدن بهترین والدین ترکیبی، بایستی در مناطق مطلوب والدین تکثیر شوند و در قالب برنامه، خطوط مشخص بذر هیبرید تهیه شود.

– بازاریابی و فروش

اگرچه تولید بذر هیبرید یک پروسه زمان‌بر و هزینه‌بر است اما پس از تولید بذر، پیدا کردن مشتری و رضایتمندی آنها امری بسیار مهم است.

۶-۸- همبستگی بین صفات

شناخت ارتباط بین صفات، اهمیت زیادی در برنامه‌های اصلاحی دارد، به‌ویژه هنگامی که انتخاب یکی از صفات به دلیل وراثت‌پذیری پایین، مشکلات اندازه‌گیری و یا شناسایی مشکل است. به دلیل اثرات ناشی از متغیرهای دیگر، ضریب همبستگی ساده نمی‌تواند بطور کامل رابطه بین دو متغیر را نشان دهد. ضرایب همبستگی جزئی که تأثیرات صفات دیگر را به‌جز صفت مورد مطالعه حذف می‌کند و تجزیه علیت که ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم می‌شکند، ابزار کمی مفیدی در مطالعه همبستگی‌ها می‌باشند. رگو و همکاران (۲۰۰۱) از تجزیه علیت و همبستگی‌های جزئی در استراتژی‌های انتخاب ۱۰ ویژگی مهم در پرورش فلفل استفاده کردند و عملکرد کل به‌عنوان متغیر اصلی در نظر گرفته شد. علیرغم کم بودن ضریب همبستگی ساده متغیرهای: ضخامت پریکارپ، طول میوه، ارتفاع بوته و عملکرد میوه در بوته با عملکرد (به ترتیب

۰/۲۸، ۰/۱۴، ۰/۵۱ و ۰/۳۶)، این صفات دارای بالاترین ضریب همبستگی جزئی با عملکرد بودند (به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۷۷، ۰/۶۳ و ۰/۸۸). آن‌ها همچنین بیشترین تأثیر مستقیم بر متغیر اصلی را نشان دادند که بیان‌کننده اثرات پلیوتروپیک (زمانی که یک ژن اثرات فنوتیپی متفاوت ایجاد کند) و یا اپیستازی با سایر ژن‌های کنترل‌کننده صفات مورفولوژیک می‌باشد و بایستی از شاخص انتخاب استفاده کرد.

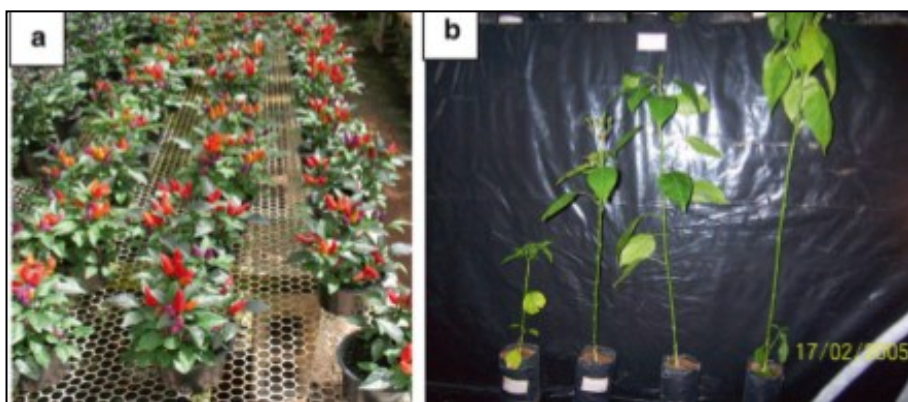
پیشرفت در عملکرد از طریق انتخاب گیاهان دارای ارتفاع زیاد و دارای عملکرد بیشتر میوه در بوته، میوه‌های طویل‌تر و پریکارپ ضخیم‌تر حاصل خواهد شد. در این زمینه، استفاده از شاخص‌های انتخاب بهترین استراتژی توصیه شده برای تولید ژنوتیپ‌های جدید بهبود یافته است. اگر هدف انتخاب میوه‌های با ماده خشک بیشتر باشد، بایستی گیاهان با عرض کوچک‌تر میوه انتخاب شوند.

۶-۹- فلفل زینتی

امروزه فروش گیاهان زینتی در گلدان به‌طور قابل توجه و بیشتر از گل‌های شاخه بریده گسترش یافته است. در صنعت فلفل زینتی، تنوع عرضه انواع جدید این گیاه، زمینه را برای ایجاد بازارهای جدید فراهم کرده است (Rêgo et al., 2009b). در میان گیاهان زینتی رشد یافته در گلدان، کشت و پرورش فلفل، به دلیل بهره‌مندی دوجانبه از این گیاه افزایش داشته است (Finger et al., 2012).

هر رقم فلفل قابل کشت و سازگار در گلدان حتی با وجود تنوع درون گونه‌ای (شکل ۶-۷) به‌عنوان گیاه زینتی تلقی نمی‌شود، بلکه تنها انواعی که اندازه بوته در آن‌ها کوچک شده و دارای هارمونی هستند به‌عنوان گیاهان زینتی عرضه می‌شوند. صفات ارتفاع بوته، ارتفاع کل (ارتفاع بوته و گلدان)، عرض کانوپی، رنگ و موقعیت میوه‌ها و گل‌ها معیارهای موردنظر مصرف‌کنندگان می‌باشد (Barroso et Nascimento et al., 2013). al., 2012; امروزه تقاضای رو به رشدی برای ارقام جدید فلفل با میوه‌های رنگارنگ، بوته‌های با اندازه شاخ و برگ کوچک و همچنین کیفیت خوب میوه پس از تولید وجود دارد.

برای به دست آوردن هارمونی خوب، توصیه می‌شود که نسبت ارتفاع گیاه و قطر پوشش، به ترتیب ۱/۵ تا ۲ برابر ارتفاع یا عرض گلدان باشد (Barroso et al., 2012). معمولاً گلدان‌های با ظرفیت ۹۰۰ میلی‌لیتر برای تولید فلفل زینتی استفاده می‌شوند (شکل ۶-۸). ضروری است تحقیقات بیشتری در زمینه بهترین ظروف و ابعاد آن‌ها صورت گیرد، چون این عوامل روی هزینه‌های نهایی تولید فلفل زینتی اثرگذار بوده و لازم است هزینه‌های غیرضروری کاهش یابد.



شکل ۶-۷- (a) ارقام فلفل سازگار به گلدان و فرم زینتی، (b) ارقام فلفل ناسازگار به گلدان و فرم زینتی (Rêgo et al. 2011d)



شکل ۶-۸- ارقام فلفل زینتی در گلدان‌های با حجم ۹۰۰ میلی‌لیتر

۶-۱۰- اصلاح برای تولید فلفل زینتی

دانشگاه فدرال پارایبا (UFPB)، همراه با دانشگاه فدرال ویسوسا (UFV)، یک برنامه اصلاحی فلفل زینتی با اهداف زیر طراحی کردند: (۱) انتخاب لاین‌های فلفل برای کشاورزان کوچک؛ (۲) توسعه هیبریداسیون بین و درون گونه‌ای در میان لاین‌های انتخاب شده (۳) پیشبرد نسل‌ها از طریق تفرق جمعیت‌ها (۴) انجام آزمایش‌های مولکولی و (۵) انجام مطالعات بر روی عمر میوه پس از تولید. در این زمینه‌ها نتایج بسیاری حاصل شده است (Rêgo et al., 2015a, b).

رنگین کمان الیزا (UFPB 1) (شکل ۶-۹) و Ouro Negro (UFPB 2) (شکل ۶-۱۰) ارقام جدید فلفل زینتی هستند. رقم رنگین کمان الیزا (UFPB 1) از طریق پنج دوره انتخاب توده‌ای با آزمون نتاج، برای سه سال متوالی، در جمعیت پایه میوه گیلاس مانند از گونه *Capsicum baccatum* به دست آمد. رقم Ouro Negro (UFPB 2) با استفاده روش دای آلل و پس از شش دوره متوالی ارزیابی به دست آمد (Nascimento et al., 2014; Rêgo et al., 2012b, c).



شکل ۶-۹- بوته (a) گل و میوه (b) رقم رنگین کمان الیزا (UFPB 1)
(Rêgo et al. 2011d)



شکل ۶-۱۰- بوته و میوه رقم Ouro Negro (UFPB 2)
(Rêgo et al. 2015a, b)

۶-۱۱- اصلاح برای تولید ارقام هیبرید F₁

همانند سایر محصولات، تولید هیبرید F₁ ساده‌ترین راه برای جمع کردن انواع مختلف صفات و مقاومت‌های با درجه توارث بالا است. تحقیقات انجام شده توسط بسیاری از محققین به صراحت ثابت می‌کند که اثر هتروزیسی در گیاه فلفل برای خصوصیات ارتفاع بوته، تعداد دانه در میوه، تعداد میوه در بوته، اندازه میوه، عملکرد کل میوه در هر بوته و زودرسی وجود دارد (Ahmed and Muzaraf Hurra, 2000). مهم‌ترین عامل در عملکرد، تعداد میوه در بوته است و سایر اجزای عملکرد نقش عمده‌ای ندارند (Kaul and Sharma, 1988). میزان هتروزیس برای زودرسی و عملکرد کل بین ۱۵ تا ۵۰ درصد گزارش شده است. اجزای عملکرد با اثرات ژنی افزایشی و غیر افزایشی (غالبیت، فوق غالبیت و اپیستازی) کنترل می‌شوند.

در گونه‌های خودگشن مانند فلفل، برخی از صفات مثبت موجود در F₁، قابل تثبیت در لاین‌های نتاج هستند به‌ویژه اگر توسط اثرات ژنی افزایشی کنترل شوند (Doshi and Shukla, 2000). به‌عنوان مثال، علیرغم این که میانگین توده‌ی میوه‌ای^۱ در لاین‌های فلفل

1- Fruit mass

سفید همبستگی منفی زیاد با سرعت رشد دارد، در طول ۵۰ سال گذشته این صفت توده‌ی میوه‌ای تقریباً دو برابر شده است، درحالی‌که سرعت رشد بدون تغییر باقی‌مانده است (Zatykó and Sasvári, 1992) (شکل ۶-۱۱).



شکل ۶-۱۱- میوه ارقام فلفل هونگاری (Zatykó and Sasvári, 1992).

نتایج تحقیقات بر روی توارث صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی در گیاه فلفل نشان داده است که میانگین توده‌ی میوه، میانگین تعداد میوه در بوته و عملکرد، زمان گلدهی و میانگین ارتفاع بوته دارای وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالا هستند؛ اما برای صفات طول و قطر میوه، کل مواد محلول و میزان ماده خشک وراثت‌پذیری و در نتیجه پیشرفت ژنتیکی کم می‌باشد.

۶-۱۲- اجزای ارزشی ارقام هیبرید

هدف اصلی از تولید هیبرید بهره‌برداری از اثر هتروزیس در F_1 می‌باشد. با این وجود اصلاحگران تولید بذور هیبرید تجاری هیچ‌گونه اطلاعات واقعی از میزان هتروزیس در ترکیبات تولیدشده ندارند، چون میانگین ارزش ترکیبات، اصلاً قابل مقایسه با میانگین ارزش والدین و یا والد برتر نیست و تنها با واریته استاندارد منطقه مورد مقایسه است؛ یعنی هدف شرکت اصلاحی تولید یک هیبرید جدید با مجموع ارزشی بیشتر از شاهد (واریته

استاندارد) است. در مورد هیبریدهای فلفل، عوامل تعیین کننده "مجموع ارزشی یک رقم" به چهار گروه تقسیم بندی می شود (شکل ۶-۱۲) (Zatykó, 2006):

- زودرسی و پتانسیل کل عملکرد پیش بینی شده از ارزش فردی والدین (P)
- صفات مؤثر در ایجاد F_1 با کیفیت خاص (Q)
- مقدار مقاومت F_1 (R)
- اثر هتروزیس (H)



شکل ۶-۱۲- عوامل تعیین کننده ارزش ترکیبات F_1 (Zatykó, 2006)

اکثریت مؤلفه های پتانسیل عملکرد والدین، مانند تعداد میوه در بوته، میانگین توده میوه، تمایل به تنظیم دو میوه در هر گره، کمیت و کیفیت عملکرد در شرایط شدید (در پاییز، در مزرعه، در شاخه های جانبی و غیره)، توانایی بازسازی، حساسیت به کمبود نور و غیره، بایستی به طور متوسط در لاین های والدینی در سطح بالاتر از شاهد باشند. اثر هتروزیس را نیز فقط برای بعضی از این صفات، از جمله تعداد میوه در بوته و به میزان کمتر در میانگین توده میوه می توان انتظار داشت. پس از ارزیابی های مشاهده ای و آزمایش های عملکردی روی ترکیبات هیبریدی، تعداد نسبتاً کمی از لاین های والدینی در آزمایش های عملکردی بررسی می شوند تا داده های تطبیقی بین پتانسیل لاین های اولیه و

عملکرد ترکیبات آن‌ها به دست آید؛ این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌ریزی ترکیبات هیبریدی استفاده شوند.

صفاتی که منجر به ایجاد F_1 باکیفیت خاص می‌شوند شامل صفات کاملاً جدید و همچنین صفاتی که قبلاً تأثیر مثبتی بر کیفیت داشته و منجر به ارزش‌های بالاتر از حد متوسط می‌شوند. صفات جدید ممکن است پوستی براق، میوه فوق‌العاده بزرگ، شکل بسیار منظم، پوسته نازک، ضخیم شدن پریکارپ، طعم غیر معمول، یک فرم جدید یا رنگ خاص برای یک محصول جدید باشد. بخش بزرگی از لاین‌ها و ترکیبات بررسی شده (در برخی موارد ۷۰-۸۰٪) می‌تواند بر اساس ویژگی‌های کیفی (و ارزیابی بصری از اجزای اصلی پتانسیل عملکرد) قبل از آزمایش‌های هزینه‌بر حذف شود.

مقدار مقاومت F_1 منظور تلفیق عوامل مختلف شامل: مقاومت تک ژنی عمودی ($L1$ ، $L4$ ، $L3$ ، BS ژن، Tsw ، N)، ژن gds مسئول سیستم دفاع عمومی، عوامل تحمل پلی ژنیک در برابر بیماری‌های مختلف (CMV، زانتوموناس^۱، ورتیسلیوم^۲) و مقاومت افقی مانند برگ سبز تیره، اپیدرم چرمی، سطح برگ موجی، گره‌های بنفش عمیق، سیستم شاخه قوی می‌باشد. از آنجایی که تولیدکنندگان در هنگام انتخاب ارقام بیشتر پتانسیل عملکرد را مدنظر قرار می‌دهند، بنابراین پتانسیل عملکرد و کیفیت ارقام مقاوم نباید کمتر از ارقام غیر مقاوم باشد. با افزایش سطح کشت، فناوری‌های محیط زیستی گسترش یافته و تأکید بیشتر بر عملکرد قابل اطمینان است و در نهایت اینکه، تولید تجاری تنها با استفاده از ارقام فلفل با مقاومت بالا امکان‌پذیر است.

هتروزیس در هیبرید فلفل F_1 به صورت افزایش در رشد رویشی و یا در اجزای آن (ارتفاع بوته، پرپشتی بوته، تعداد شاخه‌ها) (Chang and Chung, 1979)، در میزان عملکرد و یا در اجزای آن (به ویژه تعداد میوه، اما به اندازه کمتر اندازه و ضخامت گوشت میوه که بر وزن میوه تأثیر می‌گذارد) مشاهده می‌شود (Ahmed, and Muzaraf, 2000). اگرچه افزایش رشد رویشی (ارتفاع بوته) هدف اکثر مدل‌های مختلف نیست و حتی

1-Xanthomonas

2-Verticillium

ممکن است به عنوان صفت نامطلوب در نظر گرفته شود، با این حال، با عملکرد رابطه مثبت دارد (Chang and Chung, 1979) و بنابراین می توان چنین فرض کرد که هتروزیس نقش مهمی در مجموع ارزشی ارقام هیبرید F1 در حال کشت دارد.

همان طور که در شکل (۶-۱۲) دیده می شود، ممکن است ترکیب های هیبریدی حتی بدون در نظر گرفتن دو مورد از چهار عامل تعیین ارزش پیچیده هیبریدی فلفل، یعنی مقدار مقاومت (R) و اثر هتروزیس (H) انتخاب شوند. این در صورتی امکان پذیر است که پتانسیل عملکرد (P) و صفات کیفی (Q) لاین های والدینی به اندازه کافی استاندارد باشند و ترکیبات هیبریدی مناسب و رضایت بخش را نشان دهند. برعکس، اگر پتانسیل عملکرد لاین های والدینی کم باشد، ترکیبات آنها در حین آزمایش حتی با وجود اثر هتروزیس قابل توجه رد می شوند. به همین ترتیب، اگر لاین های والدینی دارای صفات کیفی نامطلوب باشند یا اگر صفات کیفی آنها بیشتر پلی ژنتیک باشد، احتمال کمی وجود دارد که صفات مثبت یکی از والدین با صفات منفی والد دیگر در ترکیب جبران شود (Zatykó, 2006).

ترکیب چهار عامل مقاومت، اثر هتروزیس، پتانسیل عملکرد و صفات کیفی تعیین کننده مجموع ارزشی یک ترکیب هیبریدی فلفل هستند، اما بدون دو عامل پتانسیل عملکرد و صفات کیفی والدین، مقدار مقاومت و اثر هتروزیس ارزشی نخواهند داشت.

۶-۱۳- تولید لاین های والدینی

در اصلاح هیبرید فلفل، لاین های والدینی ارزشمند را می توان به روش های مختلف به دست آورد. از آنجایی که اثرات افزایشی ژن برای مهم ترین اجزای عملکرد مانند تعداد میوه در بوته، زودرسی و عملکرد کل (Legesse, 2000) گزارش شده است، پیشرفت ژنتیکی قابل توجهی در پارامترهای عملکرد در یک دوره نسبتاً کوتاه با استفاده از روش های اصلاح سنتی (روش شجره ای) قابل دستیابی است؛ بنابراین وجود پارامترهای عملکرد کنترل شده با اثرات ژنی افزایشی که دارای سطح بالایی از وراثت پذیری باشند می تواند باعث بهبود کارایی لاین های اصلاحی فلفل شود.

علاوه بر لاین‌های الیت قبلاً ثبت شده، لاین‌های جدید را می‌توان از تلاقی لاین‌ها با یکدیگر و یا از جمعیت‌های حاصل از ارقام هیبرید F_1 به دست آورد. برای انواع مختلف رقم، تعدادی تلاقی (حدود ۱۰-۵۰ و یا حتی بیشتر)، به‌طور هم‌زمان تنظیم می‌شوند. هنگام انتخاب والدین برای تلاقی، بایستی چهار نکته مهم در نظر گرفته شود: لاین‌های مشتق شده از آن‌ها باید برای دستیابی به مدل رقم مناسب باشند، والدین باید دارای قدرت ترکیب-پذیری عمومی بالایی باشند (منظور اثرات ژنی افزایشی است)، فاصله ژنتیکی زیاد از یکدیگر داشته باشند و یک مزیت دیگر اینکه قابلیت تولید لاین‌های دابل هاپلوئید (DH) را داشته باشند. با تولید تعداد زیادی گیاه از نسل F_1 و یا F_2 و ارزیابی آن‌ها از نظر صفات کیفی و عملکرد، اطلاعات موردنظر از لاین‌های والدینی به دست می‌آیند و در این مرحله نتاج ضعیف حذف می‌گردند. در برخی گونه‌ها، نیاز است که نسل‌های F_1 و F_2 در آزمایش‌های تکرار دار بررسی شوند تا ترکیبات ضعیف مشخص و رد شوند، اما در فلفل ضروری نیست، زیرا با ارزیابی مشاهده‌ای و داده‌های حاصل از تعداد کمی صفت، اطلاعات کافی در مورد پتانسیل عملکرد حاصل می‌شود. بعدها، در نسل‌های در حال تفرق و در لاین‌های هموزیگوت، میزان قابل توجهی انتخاب مشاهده‌ای می‌تواند برای حذف صفات نامطلوب و گزینش صفات مثبت و مقادیر کمی (پتانسیل عملکرد) انجام شود. چون پس‌روی خویش‌آمیزی که صفات نشان‌دهنده ارزش‌های فردی را می‌پوشاند در فلفل وجود ندارد (Zatykó, 2006).

سریع‌ترین راه برای توسعه لاین‌های هموزیگوت، استفاده از تکنیک دابل هاپلوئید (DH) است که در تمامی نتاج به‌دست‌آمده از تلاقی‌ها در هر نسل قابلیت انجام دارد. قبل از ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری لاین‌های DH، می‌توان آن‌ها را بر اساس فنوتیپ انتخاب کرد.

۶-۱۴- انتخاب لاین‌ها بر اساس ارزش فردی لاین‌ها

اگرچه لاین‌های والدینی به‌طور بالقوه توانایی تولید هیبرید را دارند، ولی لازم است قبل از وارد شدن در برنامه تلاقی والدین، تعداد زیادی از آن‌ها که ویژگی‌های مطلوب برای

مدل تنوع را ندارند، حذف شوند. در نتاج حاصل از تلاقی محصولات که دارای میوه با اندازه بزرگ هستند افزایش ۱۵ تا ۲۵ درصدی در زودرسی و عملکرد نسبت به والدین انتظار می‌رود و این برتری در درجه اول به دلیل افزایش تعداد میوه (نسبت به افزایش میانگین وزن میوه) است. واضح است که حتی اگر لاین‌های والدین مکمل یکدیگر هم باشند، اما مقادیر اجزای عملکرد لاین‌ها (اندازه میوه، ضخامت گوشت، تعداد میوه) نباید بسیار کمتر از مقادیر مدل مورد نیاز برای انواع F_1 باشد. به‌طور کلی انتخاب لاین نیاز به اطلاعات دقیق از صفات مثبت و منفی با برآورد وراثت‌پذیری بالا یا متوسط دارد که ممکن است توسط هتروزیس افزایش یابد. از نقطه نظر هتروزیس، یکی از ارزشمندترین ابعاد موجود در لاین‌های والدینی، فاصله ژنتیکی زیاد بین گروه‌های لاینی است (Allard, 1960). تفاوت‌های فنوتیپی هیچ تأثیری در میزان بالقوه هتروزیس ندارد. تعیین فاصله ژنتیکی می‌تواند از طریق روابط شجره‌ای و نشانگرهای مولکولی حاصل شود.

۶-۱۵- انتخاب لاین‌ها بر اساس قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی

همانند سایر محصولات، بخش بسیار مهم از پروسه اصلاح و تولید هیبرید فلفل، جستجو برای لاین‌های با بهترین قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی است که با توجه به ویژگی‌های خاص گیاه فلفل، روش‌های مورد استفاده برای آزمون قابلیت ترکیب-پذیری این گیاه در شرکت‌های اصلاحی متفاوت از "مدل ذرت" اعمال می‌شود. در تولید لاین‌ها و ارزیابی نتاج تلاقی، انتخاب بر اساس مشاهدات بصری در فلفل بسیار عملی‌تر از اکثر محصولات است. در دامنه کاری مشخص، از تعداد و اندازه میوه‌ها پتانسیل عملکرد (زودرسی و عملکرد کل) و با مشاهدات بصری دقیق‌تر، ویژگی‌های کیفیت (که اغلب معیار اساسی هستند) را می‌توان ارزیابی کرد. بنابراین شرکت‌های اصلاحی فلفل با غربالگری بصری لاین‌ها و نتاج تلاقی (ترکیبات)، حجم قابل توجهی از مواد ژنتیکی را کاهش می‌دهند. در مراحل اولیه اصلاح، ارزیابی سریع بصری بهتر از اندازه‌گیری دقیق است (Allard, 1960) که در مورد اولین انتخاب در آزمون تلاقی نیز کارآمد است.

ارزیابی بصری در گیاه فلفل از طریق همبستگی نزدیک بین پتانسیل عملکرد با تعدادی از صفات با تظاهر فنوتیپی واضح، تسریع و اطمینان بیشتر با افزایش وراثت پذیری این صفات حاصل می شود. در طول اولین غربالگری لاین ها و نتاج تلاقی که به منظور دستیابی به صفت زودرسی (سرعت رشد سریع، حساسیت کم به کمبود نور) انجام می شود، از صفاتی شبیه شاخه دهی، شروع گلدهی، تاریخ اولین شکل گیری میوه و شروع بلوغ زیستی نیز می توان کمک گرفت. نکته مهم اینکه همواره همبستگی کلی منفی بین زودرسی و پتانسیل عملکرد وجود دارد (Chang et al., 1977). اولین غربالگری برای زودرسی و عملکرد کل می تواند برای رتبه بندی لاین ها و نتاج تلاقی بر اساس تعداد میوه در بوته، اندازه میوه و شاید ضخامت پریکارپ و توده ی رویشی انجام شود. مطالعات متعدد تأیید کرده اند که پتانسیل عملکرد را می توان از تعداد میوه، اندازه میوه، توده ی رویشی و حتی طول ساقه میوه محاسبه کرد، زیرا تمام این صفات دارای همبستگی مثبت با عملکرد کل می باشند (Chang et al., 1977). هرچند تعداد میوه در بوته همبستگی منفی با میانگین حجم میوه و ضخامت دارد. تعدادی از محققان نشان داده اند که صفات گیاهچه ای برای ارزیابی قدرت ترکیب پذیری برای عملکرد کل مناسب هستند (Doshi et al., 2001). مقادیر وراثت پذیری برای صفات زودرسی، تعداد میوه در بوته، وزن میوه، عملکرد کل و ارتفاع بوته مقادیر بالایی هستند (Depestre et al., 1989 ; Choi and Kim, 1986) و این به این مفهوم است که ارزیابی بصری تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار نمی گیرد.

کالو^۱ (۱۹۸۸) گزارش نمود قدرت ترکیب پذیری خصوصی نسبت به قدرت ترکیب پذیری عمومی، ارزش والدین را بهتر از آنالیز دای آلل (اطلاعات در مورد هر دو ترکیب پذیری) نشان می دهد. قدرت ترکیب پذیری عمومی نشان دهنده اثرات افزایشی ژن است، درحالی که قدرت ترکیب پذیری خصوصی، حضور اثرات غالبیت و اپیستازی (اثرات ژن غیر افزایشی) را نشان می دهد. اصلاح کنندگان فلفل اساساً علاقه مند به

1- Kalloo

پیدا کردن لاین‌های والدین با قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی یعنی صفات با اثرات ژنی غیر افزایشی هستند. از آنجا که قدرت ترکیب‌پذیری عمومی عمدتاً نشانه‌ای از اثرات افزایشی ژن است (Doshi and Shukla, 2000)، در میان ترکیبات تولیدشده، ترکیبی بهتر از والدین نخواهند داشت و معمولاً فقط برای پتانسیل عملکرد قابل قبول هستند، بنابراین انتخاب دقیق بر اساس قدرت ترکیب‌پذیری عمومی می‌تواند خطرناک باشد. در واقع یک لاین فلفل با قدرت ترکیب‌پذیری عمومی متوسط، لزوماً به این معنی نیست که این لاین فاقد فاکتورهای غیر افزایشی است و یا فاقد صفاتی که برای ترکیب‌شوندگی خصوصی مطلوب هستند. کالو (۱۹۸۸) با توجه به ارتباط بین سه گزینه: میانگین والدین، عملکرد هیبرید (نتاج تلاقی) و قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی، مسئله امکان انتخاب لاین را قبل از ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری برای محصولات گیاهی مطرح کرد و اظهار داشت که انتخاب بر اساس عملکرد هیبرید (نتاج تلاقی) به اندازه انتخاب بر اساس داده‌های قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی موفق است. برای اکثر صفات همبستگی قابل توجهی بین عملکرد هیبرید و قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی وجود دارد. (Legesse, 2000).

- در سیستم تلاقی برای بررسی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، اطلاعات بر اساس آنالیز دای آلل روی لاین‌های هموزیگوت و طبق ملاحظات زیر به دست می‌آید:
- تمام تلاقی‌های ممکن بین لاین‌های هموزیگوت صورت گیرد و نتاج تلاقی آزمون شوند (آن‌ها ممکن است به لحاظ نظری الگوی مدل دلخواه را تولید کنند).
 - برای هر صفت اصلی (زودرس، عملکرد بالا، میوه‌های بزرگ، گوشت ضخیم، و غیره) گروهی از لاین‌ها تشکیل شوند و هر گروه با تست‌های مختلف تلاقی داده شود.
 - لاین‌های برتر با تعداد زیادی تستر تلاقی داده شوند.
 - لاین‌های جدید با پتانسیل عالی قبل از هرگونه اطلاع از قدرت ترکیب‌پذیری عمومی آن‌ها در سیستم تلاقی وارد شوند زیرا معمولاً در آنالیز دای آلل لاین‌های با توانایی ترکیب‌پذیری عمومی شناخته شده وارد می‌شوند.
 - تلاقی بین لاین‌های نامناسب مدل دلخواه صورت نگیرد (به عنوان مثال بین لاین‌های خیلی نزدیک، لاین‌هایی که مکمل یکدیگر نیستند و غیره)

در سال اول غربالگری اولیه نتاج تلاقی به صورت بصری انجام می شود، در حالی که در غربالگری های دوم و سوم ارزیابی در قالب آزمایش عملکرد صورت می گیرد. در سال سوم، زمانی که بهترین لاین ها برای آزمایش های مختلف وارد می شوند، بهترین نتاج تلاقی نیز توسط کشاورزان در چند مکان و با استفاده از فناوری های مختلف ارزیابی می شوند. این سیستم ارزیابی در مقایسه با مدل ذرت سه سال را صرفه جویی کرده و اجازه می دهد لاین های با قدرت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی بالا در یک مرحله انتخاب شوند. در موارد خاص شرکت های اصلاح فلفل به منظور دستیابی سریع به هیبرید موفق تجاری، ارزیابی سال اول یا حتی سال های اول و دوم را برای لاین های با پتانسیل عملکردی بالا حذف می کنند.

روش های اصلاحی که در فلفل برای تولید هیبرید سینگل کراس استفاده می شود شامل روش شجره ای، بک کراس و استفاده از روش دابل هاپلوئید در ترکیب با روش های دیگر است. همچنین توجه به اصلاح برای مقاومت، استفاده از نرغیمی و نقش نشانگرهای مولکولی ضروری است.

۶-۱۶- عوامل مؤثر بر کارایی تولید بذر هیبرید

به طور رایج برای تولید بذر هیبرید فلفل شیرین و چیلی نسبت های ۵:۱ و ۱۰:۱ والد مادری: والد پدری استفاده می شود. برای اطمینان بیشتر از توزیع کافی گرده در زمان گرده افشانی، اقداماتی صورت می گیرد: اگر زمان گلدهی دو والد هم زمان باشد، والد پدری یک هفته قبل از والد مادری کاشت می شود. در صورت ناهم زمانی گلدهی دو والد، تاریخ کاشت بر اساس زمان گلدهی تنظیم می شود. همچنین می توان از چند تاریخ کاشت برای والد پدری استفاده کرد. از آنجایی که گیاه فلفل به طور کلی در طی یک دوره ۳-۴ هفته ای شکوفا می باشند، بنابراین تلاش بیشتر برای تضمین تأمین مناسب گرده، لازم نیست. شرکت های تولید بذر هیبرید معمولاً پس از تولید بذور F_1 ، خلوص بذر هیبرید را کنترل می کنند. نشانگرهای ژنتیکی مختلف مانند L_1 ، all (anthocyanin-less) و ru_1 (rugose) می توانند برای کنترل خلوص بذور F_1 استفاده شوند. اگر والد پدری دارای

آلل غالب L_1 برای مقاومت TMV باشد و والد مادری L^+ است، گیاهان خودگشن حساس به TMV و گیاهان هیبرید مقاوم خواهند بود. اگر والد مادری حامل نشانگر مغلوب مانند ru_1 باشد، گیاهان خودگرد افشان دارای برگ چین دار و گیاهان هیبرید دارای برگ های طبیعی خواهند بود. اگر والد پدری حاوی نشانگر غالب برای میانگین های ارغوانی باشد، گیاهان خودگرده افشان را می توان از ۲۱ روز پس از کاشت شناسایی کرد. همچنین، برای بررسی خلوص بذر هیبرید، می توان از ایزوزام ها یا نشانگرهای مولکولی مانند رپید استفاده کرد (Berke, 2000).

۶-۱۷- تولید بذر و هزینه

ارائه آمار تولید بذر هیبرید به دلیل عدم انتشار بسیاری از شرکت ها دشوار است. شرکت های خصوصی تولید بذر در جهان عمدتاً در آمریکا، شیلی، چین، هند، کره، پرو، ویتنام و تایلند می باشد و میزان کمی از بذور هیبرید در تایوان، رژیم اشغالگر قدس، هلند، کنیا و مکزیک تولید می شود. برای ایجاد مزارع تولید بذر دسترسی به نیروی کار ماهر و ارزان قیمت و شرایط مناسب رشد (نوع خاک، دما و در دسترس بودن منبع آب مناسب) ضروری است. قیمت تولید بذر، بسته به شرکت، نوع هیبرید و کشوری که در آن فروخته می شود قیمتی بین ۳۰۰ تا ۲۵۰۰۰ دلار به ازاء هر کیلوگرم دارد (Berke, 2000).

۶-۱۸- استفاده از نشانگرهای مولکولی در اصلاح فلفل

در برنامه اصلاحی فلفل، ریز ماهواره های غیراختصاصی یا نشانگرهای دیگر برای بررسی کیفیت بذر ارقام هیبرید (با تعیین درصد هیبریدی)، تعیین فاصله ژنتیکی بین لاین ها و انتخاب لاین های نگهداری استفاده می شوند، درحالی که نشانگرهای اختصاصی برای انتخاب صفات مونوژنیک در مرحله کوتیلدونی به کار می روند.

در سال های گذشته، به علت عدم وجود ژن های نشانگر، کنترل هیبرید بودن بذر تنها با کشت و پرورش هیبرید و با بررسی تفاوت فنوتیپ نتاج از لاین مادری تعیین می شد که در این روش کنترل، به طور سنتی تعداد ترکیبات مورد ارزیابی محدود و هزینه های اصلاح افزایش می یابد. درحالی که امروزه با کنترل بذر هیبرید از طریق نشانگرهای مولکولی و

اندازه گیری در مرحله جوانه زنی بوته، تعداد بسیار بیشتری ترکیبات قابل بررسی می باشد که در قسمت قبل توضیح داده شد.

در پروسه تهیه لاین های هموزیگوت، کنترل گرده افشانی دشوار و به راحتی قابل بررسی نیست. امروزه با استفاده از چند نشانگر امکان حذف گیاهان غیر خود بارور فراهم شده است. استفاده از نشانگرهای ژنی، بزرگ ترین تغییر را در افزایش کارایی انتخاب و کوتاه کردن پروسه اصلاح به ارمغان آورده است. این نشانگرها به ویژه در مورد صفاتی مانند تندی یا نرعمیمی و یا برای انتخاب ژنوتیپ هموزیگوت در نسل های در حال تفرق با استفاده از نشانگرهای هم بارز^۱، بسیار مهم هستند. استفاده از نشانگرها برای تلاقی های بک کراس و تشخیص ژنوتیپ های مغلوب نیز مفید است. تاکنون از نشانگرها برای ژن های مقاومت در اصلاح فلفل استفاده شده و توالی این نشانگرها در برخی از شرکت ها به عنوان اسرار تجاری می باشند (Zatykó, 2006).

¹ - co-dominant

فصل هفتم

۷- اختلالات فیزیولوژیک، آفات و بیماری‌ها در فلفل

۷-۱-۱ اختلالات فیزیولوژیک

۷-۱-۱-۱ ریزش گل‌ها و کاهش شکل‌گیری میوه

ریزش گل‌ها در گیاه فلفل در دماهای بالا به‌ویژه در دمای بیش از ۲۱ درجه در شب صورت می‌گیرد. با این دماها بیشتر درکشت تابستانه فلفل مواجه می‌شویم. رطوبت ناکافی نیز ممکن است باعث ریزش گل‌ها و میوه‌های تازه تشکیل شود. زمانی که گل‌های زیادی تولید شده و گیاه منابع کافی برای حفظ همه آن‌ها نداشته باشد، گل‌ها ریزش می‌یابد. از سوی دیگر دماهای شب پایین‌تر از ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند با ایجاد تأخیر در گل‌دهی و تأثیر بر قدرت زنده‌مانی دانه‌های گرده موجب کاهش میوه‌دهی و یا بدشکلی و اندازه‌های نامناسب میوه شود. زودرسی عامل مهمی در تولید فلفل است. گیاهانی که در زمان گل‌دهی به اندازه مناسب رشد نداشته باشند گل‌های کمتر و میوه‌های کوچک‌تری دارند (Kelley et al., 2009).

۷-۱-۲ سوختگی گلگاه Blossom-End Rot

پوسیدگی انتهای گل اختلال فیزیولوژیکی است که بسیاری گیاهان از جمله گوجه‌فرنگی، هندوانه، کدو و فلفل را درگیر می‌کند. این اختلال موجب ایجاد لکه‌های

سیاه و سیاه-قهوه‌ای در انتهای میوه‌های در حال رشد می‌شود. عامل بیماری کمبود کلسیم بوده و مقدار اتلاف محصول ناشی از آن بستگی به شرایط آب و هوایی، رقم و ساختمان خاک دارد. علائم بارز کمبود کلسیم در میوه‌هایی که به ۳۰ تا ۶۵ درصد رسیدگی رسیده‌اند مشاهده می‌شود. برخی از محققین معتقدند کمبود کلسیم دلیل اصلی ناهنجاری سوختگی گلگاه نبوده بلکه یکی از نتایج کمبود کلسیم ایجاد این ناهنجاری است. بنابراین می‌بایست روابط هورمونی و بهمکنش عناصر غذایی در این رابطه بیشتر مورد توجه قرار گیرند (Saure, 2014). بر همین اساس در برخی دیگر از پژوهش‌ها به نقش سایر عناصر مثل فسفر و تأثیر آن بر جذب آب و کلسیم و نهایتاً کنترل سوختگی گلگاه اشاره شده است (Ghoname et al., 2012). اولین علائم خارجی بیماری به صورت لکه‌های آب گزیده در انتهای میوه‌ها (سمتی که در خلاف جهت ساقه است) مشاهده می‌شود. این لکه‌ها به تدریج گسترش پیدا کرده، رنگ آن به حالت قهوه‌ای و سیاه درآمده و نهایتاً به حالت چرمی درمی‌آید (شکل ۷-۱). در این مرحله عوامل دیگر قارچی نیز ممکن است به محل آلودگی حمله کنند. اگرچه عامل این ناهنجاری کمبود کلسیم است ولی توسعه بیماری ارتباط زیادی با آب دارد. انتقال کلسیم در گیاه همراه با تعرق گیاه و از طریق آوندهای چوبی انجام می‌شود. کلسیم در گیاه نسبتاً بی‌حرکت است و مقادیر کمی از آن به سمت پایین (با حرکت در آوند آبکش) منتقل می‌شود. چون حرکت اولیه کلسیم به درون گیاه از طریق نوک ریشه‌ها (که هنوز چوبی نشده‌اند) انجام می‌شود، هرگونه آسیب به این ریشه‌ها می‌تواند بیماری را تشدید کند. این خسارت به ریشه‌ها ممکن است از طریق آفات و بیماری‌ها، خشکی خاک و یا حرکت ادوات باشد. در خاک‌های غرقاب نیز اثرات مضر مشابهی به وجود می‌آورد. زمانی که تعرق گیاه زیاد است بیشتر کلسیم به مناطق در حال رشد رفته و مقادیر کمتری به سمت میوه‌های در حال رشد می‌رود که می‌تواند موجب تشدید این اختلال فیزیولوژیک شود. اثرات متقابل عناصر غذایی نیز می‌توانند در تشدید این اختلال فیزیولوژیک مؤثر باشند. زیادی منیزیم یا پتاسیم موجب تشدید بیماری می‌شود. آمونیم (به‌ویژه در شرایط اسیدی خاک) باعث کاهش جذب کلسیم و نترات باعث افزایش جذب می‌شود. عنصر بور نیز اثرات هم‌افزایی بر جذب کلسیم دارد. استفاده

از ادوات کشاورزی به صورت سطحی و رعایت تناوب (برای ممانعت از آسیب به ریشه‌ها) در کنترل بیماری مؤثر است. تأمین کلسیم، مدیریت رطوبت خاک و تنظیم اسیدیته آن از عوامل مؤثر در جلوگیری از بیماری است.



شکل ۷-۱- علائم بیماری سوختگی گلگاه بر روی میوه فلفل (Ghonomie et al., 2012).

۷-۱-۳- نقطه -نقطه شدن فلفل Pepper Stippling

این اختلال فیزیولوژیک نیز در اثر کمبود کلسیم به وجود آمده و در دیواره داخلی میوه‌های رسیده فلفل نقطه‌های تیره یا قهوه‌ای‌رنگ (۰/۶ میلی‌متری) ظاهر می‌شود. کمبود پتاسیم نیز در توسعه بیماری نقش دارد. برخی از شرکت‌ها ارقام مقاوم به این اختلال را به بازار عرضه کرده‌اند (Kelley et al., 2009).

۷-۱-۴- آفتاب سوختگی Sunscald

آفتاب سوختگی فلفل وقتی ایجاد می‌شود که در مرحله رسیدگی میوه، برگ‌های کافی برای سایه‌اندازی بر روی میوه‌ها وجود ندارد. بخش بزرگی از میوه‌های در معرض آفتاب به رنگ خاکستری و قهوه‌ای با ضخامت کاغذی شکل درمی‌آید (شکل ۷-۲). این میوه‌ها جزو میوه‌های غیرقابل فروش محسوب می‌شوند. برای جلوگیری از این بیماری، استفاده از ارقامی که تولید برگ کافی می‌کنند، مقابله با بیماری‌ها و حشراتی که باعث کاهش شاخسار گیاه می‌شود و کود دهی مناسب به‌ویژه پس از شکل‌گیری اولیه میوه‌ها اهمیت دارد (Ambrózy et al., 2016).



شکل ۷-۲- علائم ناهنجاری آفتاب سوختگی در فلفل (Ambrózy et al., 2016).

۷-۲- بیماری‌های ویروسی فلفل

در این قسمت به بررسی سه بیماری ویروسی شایع‌تر در فلفل پرداخته می‌شود

۷-۲-۱- بیماری ویروسی پژمردگی خالدار گوجه‌فرنگی (TSWV)

این بیماری از طریق تریپس‌ها منتقل شده و گیاه فلفل را در مراحل مختلف توسعه تحت تأثیر قرار می‌دهد. محدوده وسیعی از میزبان‌های این بیماری در میان علف‌های هرز وجود دارد. ایجاد آلودگی در مراحل اولیه رشد گیاه نسبت به مراحل بعدی توسعه موجب کاهش عملکرد بیشتری می‌شود. علائم این بیماری شامل کوتولگی گیاه، رشد روزت برگ‌ها، ایجاد نقاط حلقوی شکل، ایجاد لکه روی برگ‌ها و نهایتاً برنزه شدن و خشکیدن آن‌ها می‌شود. میوه‌های آلوده بدشکل و دارای نقاط حلقوی و یا لکه‌های سیاه هستند (شکل ۷-۳). علاوه بر استفاده از ارقام مقاوم، استفاده از خاک‌پوش‌های روشن و همچنین تیره و به‌ویژه خاک‌پوش‌هایی که نور را منعکس می‌کند در کاهش بیماری مؤثر است (Kelley et al., 2009).



نقاط حلقوی بر روی برگ نقاط حلقوی بر روی میوه لکه‌های سیاه میوه

شکل ۷-۳: علائم بیماری ویروس پژمردگی خالدار گوجه‌فرنگی در فلفل
(Kelley et al., 2009).

۷-۲-۲- بیماری ویروسی موزائیک خیار (CMV)

یکی از بیماری‌های مهم و شایع فلفل محسوب می‌شود. این ویروس توسط شته‌ها منتقل شده و می‌تواند بر روی علف‌های هرز کنار مزارع حفظ شود. علائم بیماری بسیار متفاوت بوده و ممکن است از حالت بدون علامت تا وضعیت کوتولگی شدید، ایجاد لکه و خشک شدن برگ‌ها مشاهده شود. میوه‌های آلوده بدشکل شده و این حالت به‌ویژه در محل‌های شکاف انتهای میوه قابل‌رؤیت است. برخی میوه‌ها هم فقط تغییر رنگ ملایم دارند (شکل ۷-۴). کنترل علف‌های هرز مزرعه، استفاده از خاک‌پوش‌ها و ارقام مقاوم در کنترل بیماری مؤثر است.



موزائیک خیار روی میوه فلفل

موزائیک خیار روی برگ فلفل



تاثیر موزائیک خیار روی انتهای میوه

شکل ۷-۴- علائم بیماری ویروس موزائیک خیار در فلفل (Kelley et al., 2009).

۷-۲-۳- بیماری ویروسی لکه ملایم فلفل (PMMV)

عامل ایجاد این بیماری بذر زاد بوده و به صورت مکانیکی و از طریق کارگران در مزرعه توسعه می یابد. این بیماری تأثیر منفی خود را بر عملکرد فلفل می گذارد. علائم آن بر روی شاخ و برگ ممکن است خیلی خفیف باشد ولی در برخی حالات یک وضعیت موزائیک کامل روی برگ گیاه مشاهده می شود (شکل ۷-۵). روی میوه ممکن است علائم به صورت بی رنگی مشاهده شود. استفاده از بذر سالم مهم ترین راه جلوگیری از بیماری است (Kelley et al., 2009).



ویروس لکه ملایم فلفل میوه فلفل



ویروس لکه ملایم فلفل برگ فلفل



ویروس لکه ملایم روی میوه فلفل

شکل ۷-۵- علائم بیماری ویروس لکه ملایم فلفل (Kelley et al., 2009).

۷-۳- بیماری‌های قارچی ریشه و طوقه فلفل

بیماری‌های قارچی فلفل بسیار مهم است که در این قسمت به بررسی برخی از مهم‌ترین بیماری‌های ریشه و طوقه فلفل پرداخته می‌شود.

۷-۳-۱- بوته میری (Damping-Off) و پوسیدگی ریشه (Root Rot)

بوته میری و مرگ گیاه چه فلفل معمولاً پس از انتقال نشاء شایع بوده و در برخی مواقع گیاهان مسن‌تر نیز دچار این بیماری می‌شوند. در مزرعه ممکن است نواحی مشاهده شود که هیچ گیاهی وجود ندارد، این امر ناشی از بیماری بوته میری است. بوته میری هم در مزرعه و هم در گلخانه گزارش شده است. علائم بوته میری بستگی به عامل ایجادکننده آن دارد. به‌طور کلی گیاهان آلوده قهوه‌ای‌رنگ، چروکیده و پژمرده هستند. اطراف ساقه گیاهان آلوده و جوان نقاط آب سوخته مشاهده شده و در برخی نقاط ساقه باریک و نرم می‌شوند. ریشه‌ها قهوه‌ای روشن شده و به تدریج پوسیده می‌شوند. ریشه‌های ثانویه گیاهان آلوده محدود بوده و یا اصلاً ریشه ثانویه تشکیل نمی‌شود. گیاهان آلوده ممکن است تا مرحله رسیدگی باقی بمانند ولی زردرنگ و کوتوله هستند. چنین گیاهانی با وقوع تنش‌ها سریعاً از بین می‌روند (Hyder et al., 2018).

بسیاری از موجودات خاک‌زی به‌ویژه قارچ‌ها و ائوماست‌ها می‌توانند باعث بوته میری شود. *Rhizoctonia solani* Kuhn و گونه‌های مختلف *Fusarium*، *Pythium* و *Phytophthora* از جمله عوامل بوته میری و پوسیدگی ریشه فلفل محسوب می‌شوند. در بیشتر حالات در شرایط گرم و خشک *R. solani* و *Fusarium* عامل بیماری هستند در حالی که در شرایط سرد و مرطوب *Pythium* و *Phytophthora* غالب هستند. *R. solani* علاوه بر ایجاد کلونی در بقایای مرده گیاهی قادر است با تولید اسکروت بقا خود را تضمین کند. شرایط خاک مثل دما، رطوبت و اسیدیته در این رابطه دارای اهمیت است. دمای مطلوب برای فعالیت *Fusarium verticillioides* دامن‌ای از ۲۵-۳۷ درجه سانتی‌گراد است. به هر صورت بیماری‌زا بودن قارچ‌ها در رابطه با تولید محصول فلفل مربوط به تولید جیبرلین و مایکوتوکسین‌هایی مثل fumonisin و zearalenon است. گونه *Pythium* قادر است بر روی بقایای علف‌های هرز زنده مانده و یا با تولید ائوسپور در خاک به حالت استراحت درآید. عامل بیماری از طریق آب آبیاری و آب‌های زیرزمینی به سرعت انتقال می‌یابد. آب نقش کلیدی در پراکنش گونه *Phytophthora* نیز دارد.

ضد عفونی خاک با بخار آب (۷۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه) در شرایط گلخانه می‌تواند در کنترل بیماری‌های قارچی مناسب باشد. اضافه کردن کمپوست به خاک نیز می‌تواند در کاهش بیماری بوته میری مؤثر باشد. شستشوی ابزار مورد استفاده در مزرعه و در صورت امکان شستن آن‌ها با هیپوکلریت سدیم می‌تواند برای کنترل بیماری بوته میری مفید باشد. استفاده از بذر و نشاء سالم، پرهیز از آبیاری‌های سطحی و استفاده از بسترهای کشت فارویی عریض رویکردهای مناسبی برای کنترل بوته میری است. در صورت وقوع بیماری باید با توجه به عامل ایجادکننده از قارچ‌کش‌ها استفاده شود.

۷-۳-۲- فوزاریوم ساقه و پوسیدگی میوه

فوزاریوم ساقه و پوسیدگی میوه فلفل اولین بار در کانادا و در شرایط گلخانه‌ای گزارش شده است. در این بیماری محل گره‌ها در محل شاخه‌های هرس شده و یا محل‌های برداشت شده به رنگ قهوه‌ای تیره درآمده و فرورفتگی پیدا می‌کند. پریدرم شاخه‌های

جدید نیز ممکن است علائم بیماری را نشان دهند. دما و رطوبت بالا از عوامل توسعه بیماری است گیاهان بیمار به تدریج به دچار پژمردگی شده و در صورت تشدید بیماری خشک می شوند. لکه‌های رنگ پریده بین رگبرگ‌ها مشاهده شده و کاسه گل به سمت بالا تمایل پیدا کرده و قهوه‌ای می شود. میوه‌ها در گیاهان آلوده در جهت طولی دارای خطوط کم رنگ هستند. بذرها نیز به رنگ قهوه‌ای روشن درمی آیند. عامل بیماری فوزاریوم ساقه و پوسیدگی میوه *Nectria haematococca* Berk است.

گونه‌های مقاوم به فوزاریوم ساقه و پوسیدگی میوه گزارش نشده و قارچ کش اختصاصی برای آن ثبت نشده است. جمع آوری شاخه‌های آلوده از سطح مزرعه، کشیدن پلاستیک بر روی سطح خاک و ضد عفونی ابزار هرس شاخه می تواند در کنترل بیماری مؤثر باشد. به دلیل این که بیماری می تواند با بذر آلوده منتشر شود، استفاده از بذر سالم نیز در جلوگیری از توسعه بیماری مهم است. ضد عفونی محیط گلخانه با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد و آبیاری به موقع می تواند از توسعه بیماری جلوگیری کند. (Kelley et al., 2009).

۷-۳-۳- پژمردگی فوزاریومی

انواع فوزاریوم ها مثل *F. oxysporum* f. sp. *Vasinfectedum* و *F. redolens* می توانند عامل پژمردگی فلفل باشند. همه گونه‌های *Capsicum frutescens* به پژمردگی فوزاریومی حساس هستند درحالی که گونه‌های مقاوم در گروه‌های *C. annuum* و *C. chacoense* یافت می شود (Sonawane, 2019).

تغییر رنگ برگ‌ها به زرد کم رنگ، پژمرده شدن آن‌ها و رسیدن به مرحله پژمردگی دائم در طی چند روز از علائم پژمردگی فوزاریومی محسوب می شود. تغییر رنگ بافت‌های آوندی و همین طور قسمت‌های پایین ساقه از علائم بیماری است. بیماری به صورت لکه‌ای در مزرعه مشاهده می شود. هوای گرم (دمای ۲۹-۲۵ درجه سانتی گراد) و رطوبت زیاد و خاک‌های بدون زه هکش باعث توسعه بیماری می گردد. بیماری علاوه بر خاک از طریق گیاهان آلوده نیز انتقال می یابد بنابراین رعایت بهداشت مزرعه در کنترل بیماری مؤثر است. استفاده از بسترهای کشت فارویی عریض به دلیل تهویه بهتر باعث کاهش بیماری می شود.

۷-۳-۴- بیماری بلایت ریشه، طوقه و میوه ناشی از فایتوفتورا

عامل بیماری که ریشه‌ها، طوقه و اندام‌های هوایی و میوه فلفل را در تمام مراحل رشد درگیر می‌کند *Phytophthora capsici* نام دارد. علائم بیماری شامل پوسیدگی ساقه و ریشه بوده و لکه‌های سیاه‌روی ساقه مشهود است. بیماری می‌تواند روی برگ‌ها نیز علائمی شامل لکه‌های دایره‌ای شکل به رنگ قهوه‌ای مایل به خاکستری داشته باشد. علائم بیماری بیشتر در قسمت‌های پایین گیاه دیده می‌شود. میوه‌های آلوده از میسلیم و اسپورانژیوم قارچ پوشیده شده است. عامل بیماری بلایت ریشه، طوقه و میوه ناشی از فایتوفتورا *Phytophthora capsici* Leonia بوده و آب نقش مؤثری در پراکنش عامل بیماری در خاک دارد. باد و تماس ریشه‌ها باهم نیز می‌تواند موجب انتشار بیماری شود. کشت‌های فارویی با عرض زیاد، آبیاری‌های زیرزمینی و استفاده از خاک پوش‌های پلاستیکی و هر عاملی که مانع پاشیده شدن خاک آلوده به همراه آب به گیاه شود، موجب کاهش بیماری می‌شود. به دلیل قدرت زمستان‌گذرانی طولانی عامل بیماری در خاک، تناوب ممکن است در رابطه با کنترل بیماری بی‌فایده باشد. اگرچه ارقام فلفل مقاوم به بیماری معرفی شده‌اند اما به دلیل سویه‌های مختلف بیماری ارقام مقاومی از فلفل نیاز است که از جمعیت‌های منطقه‌ای جداسازی شده باشد. ساختار ژنتیکی مقاومت به بیماری بلایت ساقه و ریشه متفاوت بوده و ممکن است ارقام مقاوم به بلایت ریشه به بلایت ساقه حساس باشند. در این حالت پاشش قارچ‌کش‌ها به اندام‌های هوایی اجتناب‌ناپذیر است (Zhang et al., 2019).

۷-۳-۵- پژمردگی ورتیسلیومی

پژمردگی ورتیسلیومی که برخی اوقات به نام پژمردگی سبز نیز نامیده می‌شود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های فلفل در جهان بوده که هم در سطح مزارع و هم در سطح گلخانه‌ها مشاهده می‌شود. کوتولگی گیاه و رنگ‌پریدگی برگ‌های پایین گیاه از علائم این بیماری است. برگ‌های زردرنگ در مراحل پیشرفته بیماری نهایتاً از گیاه جدا می‌شود. علائم بیماری پژمردگی ورتیسلیومی در اندام‌های هوایی مشابه بلایت ریشه، طوقه و میوه ناشی از فایتوفتورا است اما در این بیماری ریشه‌ها دچار پوسیدگی نمی‌شود. بیماری در شرایط

تنش‌های محیطی به‌ویژه در زمانی که گیاه دارای محصول زیاد است، به‌شدت خطرناک می‌شود. عامل بیماری در گیاه فلفل *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthol تنها گونه‌ای است که فلفل را آلوده می‌کند (Black et al., 1991). به‌هر حال دو نوع رکود در آن شناخته شده است. برخی از سویه‌ها فقط *microscleroti* و برخی دیگر تولید *dark melanized* می‌نمایند. بر همین اساس از نظر رده‌بندی دو نوع عامل بیماری *V. Dahlia* و *alboatrum* تشخیص داده شده است. چرخه زندگی هر دو نوع عامل بیماری یکسان است. با توجه به تنوع زمان آلوده شدن گیاه به عامل بیماری و همچنین وابستگی آن به شرایط محیطی، ارقام مقاوم برای مقابله با بیماری پژمردگی ورتیسلیومی شناخته نشده است. تناوب زراعی تأثیر چندانی در کنترل بیماری ندارد اگرچه استفاده از ارقام کلم بروکلی، کلم و کاهو در تناوب در برخی حالات جمعیت بیماری را کاهش داده است. در صورت توسعه بیماری بهتر است گیاه غیر از فلفل در زمین کاشته شود. ضدعفونی خاک با کلروپیکرین و متام سدیم جمعیت بیماری را به‌طور مؤثر کاهش داده است. آفتاب دهی خاک نیز در کاهش جمعیت بیماری مؤثر است ولی آن را ریشه‌کن نمی‌کند. *Pythium oligandrum* به‌عنوان عامل زیستی در کنترل بیماری مفید بوده است. در مزارعی که بیماری توسعه یافته بهتر است از کشت فلفل خودداری نماییم (Luković et al., 2019).

۷-۳-۶- کپک سفید White Mold

عامل بیماری *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bar و *S. minor* Jagge بوده که در برخی اوقات به‌عنوان یک بیماری کم‌اهمیت در فلفل شناخته می‌شود. در صورت آلودگی بوته با گونه قارچی بیمارگر *S. minor*، در محل طوقه فلفل لکه‌های آب سوخته مشاهده می‌شود. بخش‌های هوایی گیاهان آلوده به حالت سبز رنگ پریده درآمده و پژمرده می‌شوند. در حالتی که بیماری ناشی از *Sclerotinia sclerotiorum* باشد گیاه چه‌ها و گیاهان بالغ در مزرعه به بیماری آلوده می‌شوند. آسیب‌های ناشی از این بیماری ابتدا در ناحیه طوقه ظاهر شده و سپس به اندام‌های بالاتر راه می‌یابد. گیاهان آلوده نهایتاً پژمرده شده و خشک می‌شوند. اسکروت های عامل بیماری به مدت چندین سال در خاک زنده باقی

می ماند. رطوبت بالا و دمای ۲۱-۱۵ درجه سانتی گراد مناسب جوانه زنی و رشد اولیه عامل بیماری است. پس از این مرحله آسکواسپوره های قارچ به کمک باد در محیط (به ویژه سرد و مرطوب) پراکنده شده و موجب بروز بیماری می شوند. با وجود اینکه به نظر می رسد برخی از ارقام به عامل بیماری مقاوم باشند اما از نظر تجاری هنوز گونه مقاوم در این رابطه معرفی نشده است. اگرچه ضد عفونی خاک می تواند بیماری را تا حدی کاهش دهد ولی آسکواسپوره های عامل بیماری ممکن است به وسیله باد از سایر مزارع به دیگر نقاط راه یابند. به همین دلیل استفاده از قارچ کش ها نیز ممکن است خیلی کارآمد نباشد. غرقاب کردن خاک می تواند در از بین بردن عامل بیماری در خاک مفید باشد. استفاده از مایکو پارازیت هایی مثل *Coniothyrium minitans* و *Sporidesmium sclerotivorum* که می توانند عامل بیماری را از بین ببرند نیز در کاهش بیماری مفید است (Kelley et al., 2009).

۷-۴- بیماری باکتریایی

با توجه به شایع شدن برخی از بیماری های باکتریایی در گیاه فلفل در این قسمت به دو مورد از بیماری های باکتریایی فلفل اشاره می شود.

۷-۴-۱- پژمردگی باکتریایی

عامل بیماری پژمردگی باکتریایی *Ralstonia solanacearum* است. عامل بیماری خاک زاد بوده و با دامنه میزبانی وسیع، بیش از ۴۴ خانواده گیاهی را تحت تأثیر قرار می دهد. خسارت اقتصادی این بیماری در نواحی خشک و نیمه خشک بوده ولی در نواحی معتدله در شرایط گلخانه ای نیز یافت می شود. گیاهان آلوده ممکن است به صورت پراکنده یا به صورت مجتمع در قسمت هایی از زمین که به دلیل تسطیح نامناسب حالت ماند آبی پیدا کرده، توسعه یابند. گیاهانی که به صورت فارویی آبیاری می شوند و یا آب هایی که به عامل بیماری آلوده هستند، گیاهان را در طول ردیف به بیماری آلوده می کنند. علائم بیماری ابتدا در گیاهان بالغ ظاهر شده و به بقیه نواحی گیاه انتقال می یابد. علائم پژمردگی در گرم ترین موقع روز روی برگ های بالایی فلفل مشاهده شده ولی تا حدی در عصر و صبح جبران شده و به وضعیت قبل بازمی گردد. در ابتدا برگ های پژمرده سبز و سالم

هستند ولی در مراحل پیشرفته بیماری دچار پژمردگی دائم می‌شوند. در مراحل توسعه بیماری آوندها به رنگ قهوه‌ای تغییر شکل داده و پوسیدگی ثانویه ریشه (به دلیل خسارت سایر قارچ‌ها) تشدید می‌شود. عامل بیماری ممکن است حتی بدون حضور میزبان در دوره‌های متوالی در خاک باقی بماند. وسایل مزرعه، کارگرهای مزرعه و آب از عوامل انتقال بیماری هستند. دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین دما برای توسعه بیماری است. ریشه‌های آسیب‌دیده در خاک (به دلیل حرکت وسایل، نماتدها و یا حشرات) راه نفوذ مناسبی برای بیماری بوده و در مرحله بعدی خود باعث انتشار بیماری به گیاهان سالم می‌شود. پیدا کردن ارقام مقاوم به بیماری مشکل بوده و مقاومت به دلیل به وجود آمدن سویه‌های جدید بیماری دچار نقصان خواهد شد. استفاده از بذره‌های عاری از بیماری و نشاهای سالم، نشاء کاری در هوای خنک، آبیاری به حد کفایت (نه بیش‌ازحد)، کنترل علف‌های هرز، حذف بقایای گیاهی آلوده، ضدعفونی تجهیزات مزرعه و استفاده از گیاهان غیر میزبان خانواده گندمیان می‌تواند در کاهش بیماری مؤثر باشد. باید توجه داشت که گیاهان غیر میزبان علائم بیماری را ندارند ولی نمی‌توانند از جمعیت عامل بیماری در خاک بکاهند. (Kelley et al., 2009).

۷-۴-۲- لکه برگ‌ی باکتریایی فلفل

لکه برگ باکتریایی فلفل ناشی از *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* شایع‌ترین بیماری فلفل در برخی از نقاط است. سویه‌ها یا نژادهای مختلف باکتری ارقام خاص باعث علائم بیماری می‌شوند. این باکتری درون بذر یا در علفهای هرز و بقایای گیاهان وجود دارد. درجه حرارت بالا در شب و رطوبت زیاد باعث توسعه بیماری می‌شود. باکتری از گیاه به گیاه قابلیت انتقال و گسترش دارد. بهترین راه کنترل بیماری استفاده از ارقام مقاوم است. توصیه می‌شود قبل از کشت، بذر را با آب داغ یا محلول‌های رقیق سفیدکننده ضد عفونی کنید. تناوب زراعی، کنترل میزان و دور آبیاری و کنترل علف‌های هرز در کنترل بیماری مؤثر است. استفاده از محلول پاشی ترکیبات مس اثربخش خواهد بود.



شکل ۷-۶- علائم بیماری لکه برگی باکتریایی (ag.umass.edu).

۷-۵-آفات فلفل

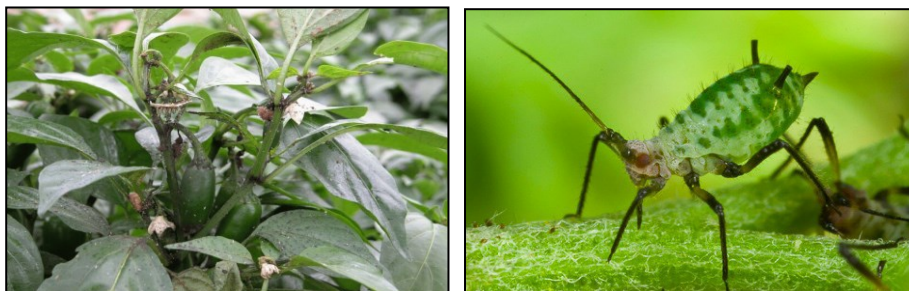
اندام‌های هوایی، جوانه‌ها و میوه فلفل ممکن است از هجوم آفات و حشرات دچار خسارت شوند (شکل ۷-۶). در نواحی معتدل پس از میوه دهی گاهی هر ۵-۱۰ روز یک‌بار از حشره کش‌ها استفاده می‌شود و تعداد دفعات ممکن است به ۱۰ نوبت نیز برسد. لارو برخی از حشرات مثل کرم ساقه خوار ذرت از بذر و قسمت‌های درونی میوه فلفل استفاده می‌کنند و ممکن است گیاهچه‌های اولیه را نیز مورد حمله قرار دهند. برخی از مهم‌ترین آفات فلفل در نواحی مختلف عبارتند از:

۷-۵-۱-شته‌ها Aphids

شته‌های گیاهی حشرات کوچک و نرمی هستند که از زمان کاشت تا برداشت آخر ممکن است از گیاه فلفل تغذیه کنند. شته‌ها در مکان‌های سایه‌دار بر روی برگ‌ها، ساقه‌ها و شکوفه‌ها تجمع می‌یابند. شته‌های بال‌دار با پرواز به مزارع مجاور می‌توانند عامل توسعه بیماری‌های ویروسی شوند. تغذیه شته‌ها از برگ‌های تازه شکل گرفته موجب بدشکل شدن برگ‌ها می‌شود. جمعیت زیاد شته‌ها باعث پژمردگی و توقف رشد می‌شود. در زمان برداشت حضور شته‌ها باعث ایجاد چسبندگی و ذرات دودی شکل بر روی گیاه می‌شود (شکل ۷-۷)؛ که از آنجا که شته‌ها می‌توانند ظرف مدت ۱۵ ثانیه یک ویروس را به

اختلالات فیزیولوژیک، آفات و بیماری‌ها در فلفل ————— / ۱۷۱

گیاه انتقال دهند، باید به نحو صحیح مدیریت شوند. معمولاً سه دسته از شته‌ها شامل شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer)، شته سیب‌زمینی *Macrosiphum* (Thomas) و شته پنجه *euphorbiae* و *Aphis gossypii* (Glover) مهم‌ترین شته‌های خسارت‌زا برای فلفل هستند (Black et al., 1991).



شکل ۷-۷- شته (سمت راست) و علائم وجود شته‌ها روی اندام‌های هوایی گیاه فلفل در زمان برداشت (چپ) (Black et al., 1991)

۷-۵-۲- کنه‌های عنکبوتی Spider Mites

کنه‌های عنکبوتی معمولاً از قسمت زیرین برگ تغذیه می‌کنند، اما در صورت زیاد بودن جمعیت می‌توانند کل سطح برگ را بپوشانند. اولین تشخیص آلودگی کنه عنکبوتی معمولاً آسیب به برگ‌ها است. بر روی برگ‌های آلوده ابتدا لکه‌های روشن ظاهر شده که به تدریج بی‌رنگ می‌شوند. در آلودگی‌های شدید کل برگ بی‌رنگ شده و شبکه‌ای از تار روی آن دیده می‌شود. بیشترین خسارت کنه‌های عنکبوتی در شرایط آب‌وهوای گرم و خشک دیده می‌شود. برخی از کنه‌ها به‌ویژه کنه تار عنکبوتی (*Tetranychus* utricae) قادر است با ایجاد شبکه‌های تاری شکل بر روی برگ‌ها ظاهری بدشکل به وجود آورده و موجب خسارت شود. برگ‌های آلوده به پایین حلقه می‌شوند (به شکل قاشق معکوس). برگ‌ها و میوه‌های آسیب‌دیده برنزه شده و اگر بدون کنترل بمانند می‌توانند یک گیاه را به‌طور کامل نابود کنند (شکل ۷-۸) (Black et al., 1991).



شکل ۷-۸- کنه‌های عنکبوتی (راست) و علائم خسارت کنه‌های عنکبوتی (چپ)
(Black et al., 1991)

۷-۵-۳- کنه‌های پهن Broad Mite

از علائم وجود کنه‌های پهن، کوچک شدن برگ‌ها، پیچش برگ و کج و معوج شدن آن‌ها از علائم خسارت کنه‌های پهن است. یک ویژگی مشخص برای این آفت پیچ خوردگی S شکل در رگبرگ اصلی برگ‌ها است. خسارت بر روی میوه‌ها به صورت بدشکلی میوه و ترک خوردن آن قابل مشاهده است. به طور کلی ظاهر تخم‌های کنه‌ها ویژگی اصلی است که برای بررسی آلودگی‌های گیاهان مورد استفاده قرار داده می‌شود. تخم‌ها بیضوی و شفاف بوده و در حدود ۰/۰۸ میلی متر طول دارند. کنه پهن جوان دارای سه جفت پا است و طول آن حدود ۰/۱ میلی متر است. خسارت کنه‌ها تا پایان مراحل رشد گیاه دیده می‌شود. (شکل ۷-۹) (Kelley et al., 2009).



شکل ۷-۹- علائم خسارت کنه‌های پهن روی میوه فلفل (Kelley et al., 2009)

۷-۵-۴- مینوز برگ Leaf miner

مینوز برگ دارای انواع مختلفی می‌باشد که همگی از نظر ظاهری با یکدیگر مشابه بوده و اثرات تخریبی یکسانی نیز بر روی گیاه دارند. این مینوزها مگس‌های سیاه‌رنگی (*Lyriomiza* spp) هستند که خود بی‌ضرر بوده اما لاروهای آن‌ها برای گیاه ایجاد مشکل می‌کند. در اکثر موارد این آفت، خود را با رد پای منحنی و موجی شکل با رنگ‌های زرد یا سفید نمایان می‌کند و مسیر خود را در داخل برگ‌ها باز می‌کند، از این طریق می‌توان با دنبال کردن منحنی‌های سفید رنگ آفت را یافت؛ اما برخی اوقات ممکن است آسیب‌های این نوع آفت به شکل نقطه‌ای و یا لکه‌ای خود را نمایان کنند (شکل ۷-۱۰) (Kelley et al., 2009).



شکل ۷-۱۰- علائم خسارت مینوز روی برگ (Kelley et al., 2009)

۷-۵-۵- تریپس‌ها Thrips

تریپس‌ها نیز از حشرات هستند که با خسارت خود از کیفیت میوه‌ی فلفل می‌کاهند. این حشرات بسیار کوچک (کمتر از یک میلی‌متر طول) قادرند هر دو هفته یک‌بار نسل جدیدی به وجود آورند. برگ‌های آلوده به تریپس شکل قایق پیدا کرده و سطح پایینی آن نقره‌ای و سپس برنزه می‌شود. تریپس ممکن است در مزارع فلفل در طول فصل رشد وجود داشته باشد اما به طور کلی در بهار شیوع بیشتری دارد. تمام انواع تریپس ترجیح می‌دهند در گل‌ها، زاویه برگ‌ها و فواصل بین میوه‌ها پنهان شوند. تریپس‌ها باعث ایجاد لکه‌های برنزه بر روی میوه‌ها می‌شوند. در صورتی که به‌طور میانگین دو لارو تریپس روی

میوه مشاهده شود باید آفت کنترل شود. مشاهده ۲۰ درصد علائم خسارت بر روی گیاهان موجود نیز معیار دیگری برای شروع کنترل آفت است. جمعیت تریپس ها با افزایش گل و تولید دانه های گرده، به طور چشمگیری افزایش می یابد. خسارت به بافت های فلفل که شامل سوراخ شدن برگ ها و مکیدن شیره های خارج شده از بافت ها می شود هم از طریق تریپس های بالغ و هم توسط تریپس های نابالغ ایجاد می شود (شکل ۷-۱۱).



شکل ۷-۱۱- علائم خسارت تریپس روی میوه (راست) و اندام هوایی فلفل (چپ)
(Kelley et al., 2009)

۷-۵-۶- کرم ساقه خوار اروپایی ذرت European Corn Borer

کرم ساقه خوار اروپایی ذرت (*Ostrinia nubilal*) یک آفت عمومی است که تقریباً در هر سال در تمامی مزارع فلفل یافت می شود. مرحله لاروی مهم ترین مرحله برای کنترل این آفت است. تخم های این آفت روی میوه ها قرار گرفته و پس از تفریح با ایجاد کانال به درون میوه نفوذ می کنند. لاروها از بافت های درونی میوه استفاده می کنند. شدت خسارت در سال های خشک شدیدتر است (شکل ۷-۱۲). ۷-۱۰ روز بعد از مشاهده اولین پروانه ها در مزرعه و ۴ روز پس از مشاهده بیشترین تراکم پروانه ها بهترین زمان های مبارزه با پروانه این آفت محسوب می شود.



شکل ۷-۱۲- شمای پروانه (راست) و لارو کرم ساقه خوار اروپایی ذرت (چپ)
(Kelley et al., 2009)

۷-۵-۲- کرم میوه گوجه‌فرنگی (کرم بلال ذرت) Tomato Fruitworm (corn earworm)

کرم میوه گوجه‌فرنگی (*Heliothis zea*) از جدی‌ترین آفات فلفل‌های تابستان و پاییز، کرم میوه گوجه‌فرنگی یا کرم بلال ذرت است. لاروها به رنگ سبز روشن تا قهوه‌ای یا تقریباً سیاه و سفید دیده می‌شوند و در قسمت زیرین بدن رنگ روشن‌تری دارند. لاروهای اولیه دارای موهای باریک هستند که در مقایسه با پوست صاف اکثر کرم‌های موجود در فلفل‌ها، ظاهری تا حدودی براق نشان می‌دهند. عموماً لاروها ابتدا از شاخ و برگ‌های انتهایی گیاه تغذیه می‌شوند اما می‌توانند بلافاصله به جوانه‌ها و سایر بخش‌های گیاهی نیز حمله کنند (شکل ۷-۱۳). کرم میوه گوجه‌فرنگی بدون وقفه بر روی بخش‌های مختلف گیاهی حرکت کرده و می‌تواند به چندین جوانه یا میوه خسارت وارد نماید. این آفت چندین نسل در سال دارد و زمانی که تخم‌های آن به راحتی در مزرعه قابل مشاهده باشند و یا ۱ درصد خسارت لارو دیده شود عملیات مبارزه با آن شروع می‌شود.

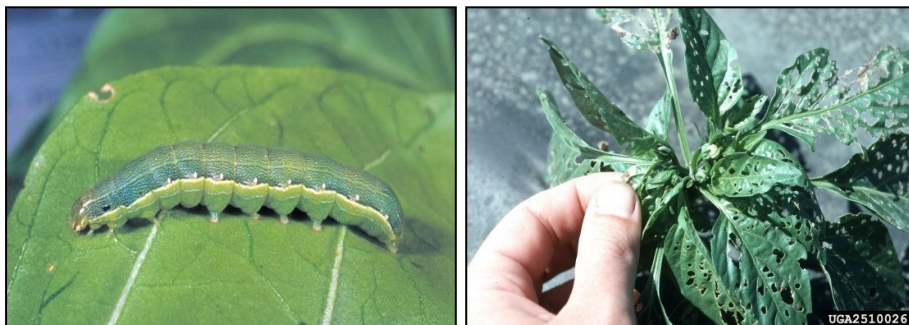


شکل ۷-۱۳- کرم میوه گوجه‌فرنگی بر روی میوه فلفل (راست) و گوجه‌فرنگی (چپ)
(Russo, 2012)

۷-۵-۸- کرم چغندر Beet Armyworm

کرم چغندر (*Spodoptera exigua*) در سال‌های اخیر، جمعیت قابل توجهی از این آفت در اواخر تابستان و پاییز در برخی مناطق تولید فلفل دیده شده است. کرم چغندر ممکن است هم از شاخ و برگ و هم از میوه فلفل تغذیه کند. تخم‌ها در قسمت زیرین شاخ و برگ به صورت انبوه گذاشته می‌شوند. لاروها در نزدیکی محل خارج شدن از تخم‌ها شروع به فعالیت کرده و پس از چند روز تغذیه به میوه‌ها حمله ور می‌شوند. کرم‌ها

ممکن است درون میوه تونل بزنند و یا به طور مستقیم از بافت های میوه تغذیه کنند. مبارزه با این آفت باید قبل از رسیدن به سن سوم آغاز شود. در عمل با تشخیص اولین تخم های آفت در مزرعه عملیات مبارزه شروع می شود (Russo, 2012).



شکل ۷-۱۴- نحوه خسارت کرم چغندر (راست) و کرم چغندر (چپ) (Russo, 2012).

با توجه به طیف وسیع آفات و آفت کش ها و مارک های تجاری آنها، برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه می توانید به سایت سازمان حفظ نباتات کشور [www. http://ppo.ir](http://ppo.ir) مراجعه فرمایید.

۷-۶- علف های هرز

علف های هرز بر سر نور، مواد مغذی، آب و فضا با فلفل رقابت کرده و همچنین در عمل برداشت نیز مشکل آفرین خواهند بود. علاوه بر این، علف های هرز می توانند میزبان حشرات و بیماری های مضر باشند. در صورت آلودگی شدید به علف های هرز و عدم کنترل آنها عملکرد ۵۰ درصد و حتی بیشتر از آن کاهش می یابد. علف های هرز تابستانه از جمله خرفه (*Portulaca oleracea*)، اویار سلام زرد (*Cyperus esculentus*)، اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*) و گراس های یک ساله از جمله مهم ترین علف های هرز مزارع فلفل محسوب می شوند (شکل ۷-۱۵) (Kelley et al., 2009).

از جمله اقدامات اولیه برای کنترل علف های هرز استفاده از بذر یا نشاء عاری از علف هرز، استفاده از نشاهای سالم و دارای بنیه قوی، تهیه بستر مناسب، آبیاری و کود دهی به موقع، رعایت فاصله ردیفی، مدیریت آفات و بیماری ها و رعایت تناوب می باشد. باید

اختلالات فیزیولوژیک، آفات و بیماری‌ها در فلفل ————— ۱۷۷

توجه نمود برای کشت فلفل از زمین‌هایی استفاده شود که سابقه حضور علف‌های هرز سمج مثل اویارسلام در آن وجود نداشته باشد. در صورت وجود این نوع علف‌های هرز استفاده از انواع مالچ‌ها نتایج خوبی داشته است (شکل ۷-۱۶).

برای کنترل علف‌های هرز در مزارع فلفل استفاده از ادوات مکانیکی و علف‌کش‌های مناسب قبل از کاشت و خاک مصرف (مثل ترفلان و متولاک‌لر) قابل توصیه است. استفاده از علف‌کش گراماکسون (پاراکوات) که حالت تماسی دارد به صورت هدایت‌شده (ایجاد محافظ بر روی گیاه فلفل) و یا قبل از کشت در زمین‌های آلوده به علف‌های هرز نیز امکان‌پذیر است.



شکل ۷-۱۵ - اویارسلام ارغوانی (بالا راست)، اویارسلام زرد (بالا چپ) و خرفه (پایین)
(Kelley et al., 2009)



شکل ۷-۱۶- استفاده از مالچ (خاک پوش) پلاستیکی سیاه جهت کنترل علف‌های هرز فلفل
(Kelley et al., 2009)

فصل هشتم

۸- برداشت و مراحل پس از آن برای گیاه فلفل

۸-۱- رسیدن میوه

میوه‌های فلفل در مراحل مختلف رسیدگی برداشت و مصرف می‌شوند. کاملاً مشخص است که انتخاب یک مرحله مناسب برای برداشت عاملی کلیدی برای تعیین کیفیت میوه و بازارپسندی است. علاوه بر این رسیدگی یکی از عوامل اصلی است که ترکیبات کیفی میوه را مشخص می‌کند. اگرچه تعیین دقیق مرحله رسیدگی فلفل شیرین در زمان برداشت کاری مشکل است. تغییر در رنگ میوه، مواد جامد محلول در میوه و سفتی بافت میوه می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین مرحله رسیدگی فلفل شیرین باشد (Rahman et al., 2014).

به جهت افزایش حداکثری رنگ میوه برای مصارف صنعتی و برای افزایش کیفیت میوه، برداشت بایستی تا زمانی که میوه رنگ مشخصه رقم (قرمز، زرد و ...) را نشان دهد به تأخیر انداخته شود. تولیدکنندگان فلفل بایستی نسبت به میزان بالای کلسیم در خاک مطمئن شوند (بیشتر از ۰/۶ گرم در کیلوگرم وزن خاک) تا از پوسیدگی میوه‌ها در مواقعی که برداشت دیر هنگام موردنظر است جلوگیری شود. میوه‌های فلفل در سومین برداشت بالاترین میزان غلظت اسید اسکوریک و فنل کل را در مقایسه با اولین برداشت دارند درحالی که میوه‌های فلفل در دومین برداشت بیشترین غلظت قند محلول را دارا هستند (Antonious et al., 2014).

فلفل سبز دلمه‌ای قبل از رسیدگی کامل برداشت شده و در این مرحله دیواره پریکارپ ضخیم بوده و میوه به اندازه نهایی رسیده و بذرها قابلیت جوانه‌زنی دارند. میوه‌های سبزرنگ دارای ترکیبات پلی فنلی بیشتری بوده در حالی که فلفل دلمه‌ای قرمز رنگ یکی از منابع خوب اسید اسکوربیک و کارتنوئید ها و ترکیبات فنلی هستند. فلفل دلمه‌ای سبز قابلیت نقل و انتقال بهتری داشته و عمر قفسه‌ای^۱ بیشتری هم نسبت به میوه‌های کاملاً رسیده دارند (Salkadas and Kaynas, 2010).

زمان برداشت معمولاً با توجه به رنگ فلفل که مورد نیاز بازار است تعیین می‌شود. فلفل دلمه‌ای در حقیقت به صورت نارس و در حالتی که کاملاً سبز، براق و مستحکم است، برداشت می‌شود. میوه‌های بد شکل اگرچه ممکن است از نظر کیفی تفاوت چندانی با یک میوه طبیعی نداشته باشد اما بازار پسندی و فروش خوبی ندارد. فلفل‌های بارنگ سبز کم‌رنگ و با بافت نرم بیش از حد نارس هستند. آسیب‌هایی که به گوشت میوه وارد می‌شود میوه‌هایی حساس به گندیدگی را به وجود آورده و باید جداسازی شوند. میوه‌هایی که دارای علائم پوسیدگی (آب سوختگی و لکه‌های سیاه) بوده و این لکه‌ها به گوشت میوه وارد می‌شود نیز باید برای جلوگیری از توسعه بیماری به سایر میوه‌های سالم جدا شوند. فلفل‌های دلمه‌ای با ادامه مرحله رسیدگی شیرین تر شده و رنگ آن‌ها از سبز به زرد و قرمز (رنگ‌های دیگر مثل نارنجی و ...) تغییر می‌یابد. این فلفل‌ها اگرچه از نظر تغذیه‌ای دارای استانداردهای قابل قبول هستند ولی بازار پسندی ندارند. اگر کشاورز بخواهد با استفاده از یک رقم و فقط بر اساس مرحله رسیدگی، فلفل‌هایی دلمه‌ای بارنگ‌های مختلف تولید کند با دو مشکل مواجه می‌شود: اول این که میوه‌های رسیده‌تر حساس به بیماری‌ها و آفات هستند و دوم میوه‌های رسیده‌تر بر روی یک گیاه از توسعه رشد میوه‌های دیگر جلوگیری می‌کنند و عملکرد کاهش می‌یابد. برخلاف گوجه‌فرنگی، فلفل‌ها نمی‌توانند مراحل رسیدگی را پس از برداشت طی کرده و تغییر رنگ دهند. همه فلفل‌ها را می‌توان به گروه-های شیرین و تند و گاهی حد واسط بین این دو تقسیم‌بندی کرد. فلفل‌های دلمه‌ای جزو

1- Shelf-Life

فلفل‌های شیرین و فلفل‌های گروه چیلی^۱ جزو فلفل‌های تند طبقه‌بندی می‌شوند. فلفل‌های گروه اخیر در زمان نارس بودن غالباً سبزرنگ هستند و در زمان رسیدگی به رنگ‌های نارنجی، زرد و قرمز درمی‌آیند. البته در سال‌های اخیر فلفل‌های دلمه‌ای به بازار ارائه شده که در زمان نارس بودن نیز دارای رنگ‌های متنوع هستند. زمان برداشت در این گروه فلفل با توجه به نیاز بازار است (Lucier and Dettmann, 2008).

در مساحت‌های کوچک، فلفل به صورت دستی برداشت و در کارتن‌های مقوایی محکم بسته‌بندی می‌شوند. سطل‌های پلی‌اتیلنی در برداشت دستی برای جمع‌آوری فلفل استفاده شده و سپس در یک مکان مسطح جمع‌آوری می‌شود. ساقه‌های فلفل بسیار شکننده هستند و کارگران باید به این موضوع توجه شود. فلفل‌هایی که با دقت از ساقه جدا شده‌اند نسبت به آن‌هایی که قسمتی از برگ یا ساقه را به همراه دارند، به بیماری‌های باکتریایی مقاوم‌تر هستند. میوه‌های برداشت شده نباید در معرض آفتاب قرار داده شوند زیرا آفتاب‌سوختگی باعث کاهش کیفیت میوه می‌شود. اگر فلفل‌های برداشت شده به مکان خنک منتقل نشده و به مدت ۲ ساعت در معرض نور مستقیم خورشید باشند، عمر آن‌ها به نصف کاهش می‌یابد. در پایان هرروز باید وسایل برداشت (سطل و...) ضدعفونی شود. در غیر این صورت می‌توانند عامل جابجایی عوامل بیماری‌زای احتمالی باشند. برای ضدعفونی مقدار ۳۰ گرم هیپوکلریت سدیم (۵/۲۵ درصد) را در ۲۰ لیتر آب حل کرده و ظروف را با آن ضدعفونی کنید. برداشت محصول در حالت مرطوب در هنگام انباشته شدن موجب افزایش دما شده و بیماری‌ها را افزایش می‌دهند. بر اساس نتایج برخی پژوهش‌ها، استفاده از فوم داخل جعبه‌ها و مسیرهای بارگیری باعث جلوگیری ۴۰ درصد از افت محصول می‌شود. در حال حاضر برخی از شرکت‌ها اقدام به تولید فوم‌های ضدآبی کرده‌اند که به راحتی تمیز می‌شوند. در سطوح کوچک کشت ممکن است محصول برداشت شده با یکپارچه تمیز شوند. در این حالت ممکن است آب استفاده شده با ماده کلرین (غلظت ۷۵ تا ۱۰۰ قسمت در میلیون) آغشته شده باشد. به هر حال غوطه‌ور کردن

فلفل‌ها به‌طور کامل در مخزن آب توصیه نمی‌شود زیرا ممکن است آب به بافت‌های داخلی میوه راه یافته و در انبارداری مشکلاتی را به وجود آورد. فلفل‌های برداشت‌شده می‌توانند در خط بسته‌بندی نیز دچار آسیب شوند. ترک‌های مویی و کبودشدن رنگ، از جمله آسیب‌های این مرحله محسوب می‌شود. عوامل بیماری‌زا می‌توانند از این ترک‌ها وارد شده و میوه‌ها را آلوده نمایند. گاهی اوقات به فشارهای وارد شده به میوه فلفل در حین برداشت و یا بسته‌بندی "کبودی شانه فلفل" نیز گفته می‌شود (شکل ۸-۱) (Kelley et al., 2009).



شکل ۸-۱ - لکه‌های کم‌رنگ بر روی برخی از قسمت‌های فلفل "کبودی شانه فلفل" (Kelley et al., 2009)

۸-۲- مدیریت دما پس از برداشت

مدیریت دما یکی از مؤثرترین ابزار برای افزایش عمر قفسه‌ای محصولات تازه خوری است. دمای ایده آل اغلب بستگی به منطقه جغرافیایی تولید دارد. دما یک ابزار کلیدی برای افزایش عمر قفسه‌ای محصولات تازه برداشت‌شده است که باعث می‌شود خسارت‌های فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی به حداقل ممکن رسانده شود. فلفل دلمه‌ای به‌عنوان یک بافت زنده، محصولی سریعاً فاسد شونده است که نیاز به نقل و انتقال مناسب و با دقت برای حفظ کیفیت و افزایش عمر قفسه‌ای خود دارد. بعد از برداشت، برای کاهش دمای میوه‌ها و کم کردن سوخت و ساز در آن، محصول بایستی فوراً سرمادهی شود. برای

میوه فلفل، سرد کردن سریع دما تا ۱۰ درجه سانتی گراد در رطوبت نسبی بالا کافی است تا کیفیت محصول را در حد مناسبی نگه دارد. مؤثرترین روش برای حفظ کیفیت فلفل در روش سرمایش سریع بعد از برداشت نگهداری محصول در دمای ۷-۱۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۸ درصد می‌باشد. در این شرایط می‌توان محصول را برای مدت ۲-۳ هفته تحت شرایط مناسب نگهداری کرد (Kader, 2002). در عین حال فلفل نسبت به یخزدگی در دمای پایین بسیار خسارت پذیر می‌باشد در حالی که دماهای بالا به ویژه توأم با رطوبت بالا باعث رشد پاتوژن‌های خسارت‌زا می‌شود. مهم‌ترین محدودیت بعد از برداشت فلفل دلمه‌ای عمر نسبتاً کوتاه و ماندگاری آن است که حدود یک تا دو هفته می‌باشد و ترجیحاً بایستی حمل و نقل هوایی به جای دریایی برای صادرات آن را در نظر داشت. عمر نگهداری میوه فلفل توسط خسارت‌های فیزیکی و آب‌زدست‌دادگی و حساسیت آن به خسارت یخزدگی محدود می‌شود (Lim et al., 2007).

۸-۳- عملیات پس از برداشت

عملکرد کیفی میوه پس از برداشت لزوماً بهبود نمی‌یابد و عملیاتی نظیر شستشو، مرتب‌سازی، اندازه‌گیری، بسته‌بندی و مدیریت دما صرفاً میزان سوخت و ساز مواد درون میوه را کندتر می‌کند. در دماهای پایین انبارداری، تنفس و فعالیت‌های حیاتی میوه به حداقل خود می‌رسد که شرط لازم برای نگهداری میوه‌ها است، اما میوه فلفل به دلیل حساسیت نسبت به خسارت‌های سرمازدگی قادر به نگهداری در دماهای پایین نمی‌باشد؛ بنابراین تلاش‌های زیادی نظیر شستشو با بی‌کربنات پتاسیم، پوشش با واکس‌های خوراکی، استفاده از پوشش چیتوزان، استفاده از بازدارنده‌های رشد نظیر MCP-1، سالیسیلیک اسید و کلرید کلسیم، تغییر اتمسفر درون بسته‌بندی‌ها، کنترل اتمسفر انبارهای ذخیره محصول، استفاده از رطوبت نسبی بالا در طی دوره نگهداری در قفسه برای نگهداری میوه‌ها انجام شده است. اغلب این روش‌ها در نگهداری کیفیت محصول مؤثر بوده‌اند. با این حال نتایج این روش‌ها بستگی به مراحل رسیدگی و رقم دارد. استفاده از آب داغ برای مدت

کوتاه چند ثانیه همراه با پاک کردن (Brushing) محصول نیز روشی است که برای افزایش عمر قفسه‌ای فلفل دلمه‌ای با موفقیت استفاده شده است (Fallik et al., 1997).

۸-۳-۱- تیمار آب داغ

تیمار آب داغ (۵۳-۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ دقیقه قبل از انبار کردن) در بین روش‌های مختلف غیر شیمیایی به عنوان مؤثرترین روش در محافظت محصول از بیماری‌های بعد از برداشت و بیماری‌های فیزیولوژیک شناخته شده است. مشخص شده که آب داغ باعث کاهش حساسیت میوه به دماهای پایین می‌شود. تیمارهای گرمایی به شکل‌های مختلفی نظیر آب داغ به تنهایی، فروبردن در آب داغ همراه با براشینگ محصول و هوای گرم یا بخار آب به تنهایی قابل استفاده هستند. این روش‌ها باعث حفظ کیفیت میوه‌ها و افزایش عمر قفسه‌ای آن‌ها در شرایط نگهداری در دمای سرد می‌شود. این تیمار همچنین باعث کاهش بیماری‌های پوسیدگی میوه و کاهش خسارت آفات انباری خواهد بود. تحمل میوه‌ها نسبت به تیمار دمایی به رقم، مرحله رسیدگی، اندازه میوه‌ها، کیفیت تغذیه معدنی گیاه و شرایط رشد گیاه بستگی دارد (Sivakumar, 2013).

اثرات حفاظتی تیمارهای گرمایی در مقابله با اثرات سرمازدگی در طی دوره انبارداری با تجمع پروتئین‌های شوک گرمایی (HsPs) در بافت میوه در ارتباط است. بالا رفتن دما باعث شروع ساختن این پروتئین‌ها شده و باعث ایجاد درجات معنی‌دار حفاظت از سرمازدگی می‌شود. در طی فرایند دما دهی، پروتئین‌ها شروع به تجمع نموده و به مدت ۳ هفته در دمای ۱/۵ درجه سانتی گراد می‌تواند در میوه‌ها باقی مانده و باعث حفاظت شود. چنین تیمارهایی موجب کاهش تخریب اسید اسکوربیک در طی مدت انبارداری به مدت ۲۸ روز می‌شود (Salkadas and Kaynas, 2010).

۸-۳-۲- غوطه‌وری در آب داغ و براشینگ^۱

غوطه‌ور کردن محصول در آب داغ (۵۰ درجه سانتی‌گراد) و براشینگ (برس‌کشی) به صورت تجاری در بسیاری از محصولات سبزی و صیفی به منظور کاهش توسعه پوسیدگی و حفظ کیفیت میوه در دوره انبارداری استفاده می‌شود. این سازوکار باعث تمیز شدن میوه تازه برداشت شده با استفاده از دمای ۴۵-۶۲ درجه سانتی‌گراد می‌شود که البته در مدت کوتاهی در حدود ۱۲ ثانیه به طول می‌انجامد. تنش گرمایی باعث حفاظت میوه از خسارت سرمازدگی در ارقام حساس فلفل خواهد شد. دمایی که باعث تحریک ساخت پروتئین‌های حفاظت کننده میوه و تجمع حداکثری آن‌ها می‌شود حدود ۲۴ ساعت پس از تیمار گرمایی ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه اتفاق می‌افتد (Fallik and Ilic, 2014).

تیمار آب داغ ممکن است برای محصول تازه برداشت شده مفید بوده ولی دمای نامناسب ممکن است باعث ایجاد خسارت‌های درونی و بیرونی به میوه فلفل شود. خسارت بافتی که توسط دما اتفاق می‌افتد ممکن است باعث ایجاد حساسیت برای توسعه بیماری‌های پوسیدگی میوه باشد (Sivakumar and Fallik, 2013).

۸-۳-۳- تیمار انقباضی

شستشوی محصول فلفل با آب داغ و سپس سرد کردن و انقباض آن در دمای پایین (۲ درجه سانتی‌گراد)، بعد از برداشت سازوکار کاربردی برای کاهش افت وزنی میوه، جلوگیری از خسارت یخ‌زدگی و نرمی بافت میوه می‌باشد. شستشو با آب داغ و براشینگ باعث کاهش خسارت پوسیدگی شده و بسته‌بندی انقباضی باعث حذف خسارت سرمازدگی خواهد شد (Bar-Yosef et al., 2009). در مطالعه‌ای تغییرات فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی در فلفل قرمز با استفاده از تیمار شستشو با آب داغ و براشینگ به مدت ۱۲ ثانیه در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و بسته‌بندی جداگانه هر میوه در بسته‌های ویژه به مدت ۲۱ روز در دمای ۲ درجه به اضافه ۳ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. این تیمار

1- Brushing

ترکیبی به شکل معنی داری خسارت پوسیدگی میوه‌ها را کاهش داد و علاوه بر آن باعث حفظ کیفیت میوه‌ها نیز گردید (Ilic et al., 2012).

۸-۳-۴- پوشش دهی محصول

در یک دهه گذشته، پوشش‌های خوراکی با استفاده از مواد طبیعی نظیر صمغ عربی، چیتوزان (نوعی پلی ساکارید) و بره موم (ماده‌ای شبیه به موم و از تولیدات زنبور عسل) به صورت گسترده‌ای جهت کنترل بیماری‌های گیاهی استفاده می‌شود. پوشش دهی به عنوان دوست دار محیط زیست با افزایش عمر قفسه‌ای فلفل طی مدت نگهداری در انبار استفاده می‌شود. به عنوان مثال چیتوزان، پوششی است طبیعی، تجزیه پذیر و ماده‌ای غیر سمی که نه تنها مستقیماً باعث جلوگیری از نفوذ قارچ *C. capsici* می‌شود بلکه می‌تواند به عنوان پوششی بسیار عالی برای کنترل بیماری‌های بعد از برداشت استفاده شود (Edirisinghe et al., 2014).

در پژوهش‌های جدیدتر یک ترکیب کمپوزیت چیتوزان-ژلاتین برای اولین بار بعد از استفاده از آب داغ و برآشینگ محصول فلفل در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد برای مدت ۱۵ ثانیه به منظور تعیین کیفیت و عمر انبار پذیری فلفل استفاده شد. این ترکیب کامپوزیت باعث کاهش ۵۰ درصدی خسارت‌های میکربی محصول شد و به طور معنی داری باعث افزایش کیفی بافت میوه گردید. علاوه بر این عمر قفسه‌ای محصول فلفل تا ۲۱ روز افزایش یافت. پوشش‌های خوراکی نظیر ژل آلورا (۲/۵-۱/۵٪)، روغن دارچین (۰/۴۰ و ۰/۳۰٪) و چیتوزان (۱/۵-۱٪) نیز اثرات معنی داری بر بهبود عمر قفسه‌ای فلفل دلمه‌ای در دمای پایین داشته‌اند (Poverenov et al., 2014).

۸-۳-۵- بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته

یکی از تکنیک‌هایی که به طور گسترده برای بسته‌بندی استفاده می‌شود، اتمسفر تغییر یافته است که روشی ارزان قیمت بوده و با کاهش میزان اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن در اتمسفر بسته‌بندی پلاستیکی صورت می‌گیرد. به علاوه ایجاد رطوبت بالاتر در محیط نگهداری بسته‌ها منجر به کاهش آب ازدست‌دادگی محصول می‌شود. چراکه یکی

از ترکیبات حاصل از تنفس آب است. این روش می‌تواند عمر قفسه‌ای میوه‌ها را از طریق کاهش سرعت تنفس و در نتیجه کاهش آب ازدست‌دادگی، افزایش دهد. حفظ رنگ و بافت میوه از طریق کاهش رشد میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده قندها در طی تنفس، از مزایای دیگر این روش است (Raffo et al., 2007).

پوشش‌هایی که در این روش استفاده می‌شود از انواع پلیمرهای پلاستیکی هستند. عمر نگهداری فلفل در صورتی که کنترل سطح رطوبت درون بسته‌ها به‌درستی صورت نگیرد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. افزایش رطوبت درون بسته‌ها به علت تنفس محصول و یا استفاده از پوشش‌هایی که به‌درستی اجازه خروج رطوبت را ندهند، می‌تواند باعث کاهش کیفیت و سلامت محصول به علت رشد عوامل میکروبی شود. یکی از روش‌های کنترل رطوبت استفاده از جاذب‌های رطوبتی نظیر سوربیتول، زایلیتول، نمک طعام، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و ژل سیلیکا می‌باشد که برای کنترل رطوبت نسبی درون بسته‌ها استفاده می‌شود. تغییر اتمسفر درون بسته‌ها باعث جلوگیری از تجزیه ویتامین C از طریق کاهش غلظت اکسیژن می‌شود (Dawson, 2016).

از نظر رسیدگی میوه فلفل جزو دسته میوه‌های غیر کلیماکتریک (بعد از برداشت نمی‌رسند) دسته‌بندی می‌شوند (به‌استثناء فلفل‌های گروه Maor و فلفل تند که از نوع کلیماکتریک هستند). پس تغییر الگوی تولید اتیلن و دی‌اکسید کربن می‌تواند در ماندگاری میوه تأثیرگذار باشد. میوه فلفل به دلیل حساسیت به سرمازدگی قادر به نگهداری در دماهای پایین که برای کندتر کردن تنفس اعمال می‌شود نیست. به همین جهت، کنترل تولید اتیلن یکی از نکات مهم در نگهداری پس از برداشت محصول است. متیل سایکلو پردین (۱-متیل سایکلو پردین (MCP-1) یک ترکیب آلکینی حلقه‌ای و اتیلن آنتاگونیست می‌باشد که با اتیلن ترکیب شده و از علائم تحریک‌کنندگی اتیلن و فعالیت آن جلوگیری می‌کند. مقدار MCP-1 که مورد نیاز برای اثربخشی تنظیم رسیدگی میوه می‌باشد بسته به ارقام متفاوت بوده و به‌درستی مشخص نشده است. MCP-1 در مورد فلفل سبز با غلظت ۱۴۵۰ نانولتر بر لیتر به‌طور معنی‌داری در افزایش عمر قفسه‌ای، جلوگیری از کاهش وزن میوه، حفظ بافت، کاهش حساسیت به پوسیدگی محصول نسبت به غلظت

۱۳۰۰ نانولیتتر بر لیتر مؤثرتر بوده است. تیمار با غلظت ۱۹۰۰ نانولیتتر بر لیتر با ماده MCP-1 باعث جلوگیری از تولید اتیلن در طی نگهداری فلفل قرمزی که در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ روز گردید. نتایج مطالعات نشان می دهد که نگهداری میوه های فلفل سبز اثر منفی بر ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان آن ها نداشته است (Ilic et al 2009, Lurie, 2005, Kevers et al., 2007).

۸-۴- بهداشت

پاتوژن های انسانی و حیوانی می توانند به طور مستقیم و یا از طریق وسایل و آب در مزرعه توسعه یابند. چنین بیماری هایی ممکن است فقط با روش هایی مثل پاستوریزاسیون و قرارگیری در معرض دمای بالا حذف شوند. بنابراین آموزش و بهداشت کارگران در مزرعه و مراحل بسته بندی فلفل امری ضروری است. در برخی شرایط نیاز به استفاده از توالت و دست شویی های سیار **در** مزارع است. ظرفی که توسط کارگران استفاده می شود (چاقو، دستکش، سطل و...) نیز باید به صورت روزانه تمیز و ضد عفونی شوند. آموزش و نظارت های بهداشتی باید به صورت مداوم برای کارگران به اجرا گذاشته شود. بسته بندی بهداشتی باید شامل موارد ذیل باشد.

- ارائه برنامه بهداشتی برای تمیز کردن سازه های موجود در مزرعه (ورودی ها، کولر و...).

- استفاده از دستورالعمل های استاندارد جهت تمیز کردن محصول، وسایل و بهداشت کارگران.

- برنامه کنترل آفات و خروج حیوانات از مزرعه

یکی از مواد قابل استفاده برای ضد عفونی سبزیجات گاز کلر است. رعایت غلظت کلر مصرفی (غلظت ۷۵ تا ۱۵۰ قسمت در میلیون) با توجه به شرایط و نوع ماده یا وسیله ضد عفونی شده، ضروری است. استفاده از کلر می تواند به صورت تزریق گاز کلر، استفاده از هیپوکلریت سدیم و یا هیپوکلریت کلسیم باشد. به هر حال آزمون و ردیابی میزان کلر (با کیت های مخصوص آن و تعیین غلظت کلر آزاد) در محل های کاربرد می تواند مفید

باشد. با توجه به این که تأثیر کلر به شدت به اسیدیته وابسته است، محلول شستشو باید اسیدیته ۶ تا ۷/۵ داشته باشد. در این حالت مقدار کلر مصرفی نیز کاهش می‌یابد. مصرف بیش از حد کلر علاوه بر بوی بد می‌تواند باعث تحریک پوست کارگران نیز شود. فرم‌های کنترل کیفی در این زمینه باید شامل مقدار کلر و اسیدیته باشد (Russo, 2012).

۸-۵- درجه‌بندی و بسته‌بندی

در برخی از کشورها برای تحویل گرفتن محصول فلفل قوانینی تدوین شده است. به عنوان مثال در آمریکا محصول درجه ۱ تحویلی باید کمتر از ۱۰ درصد عیب (شامل بدرنگی، بدشکلی)، کمتر از ۵ درصد آسیب‌های جدی (زخمی شدن، آفتاب‌سوختگی و آسیب حشرات) و کمتر از ۲ درصد پوسیدگی نرم داشته باشد. خریداران بیشتر فلفل‌هایی را ترجیح می‌دهند که دارای ۴ بخش کاملاً مجزا بوده (۴ لوب) و طول و قطری معادل ۵ سانتی‌متر داشته باشند. از استفاده جعبه‌های دست‌دوم بایستی خودداری شود. ظروفي که برای حمل فلفل استفاده می‌شود نباید بیش از حد پر یا خالی باشد، زیرا موجب ضربه و آسیب به فلفل می‌شود. جعبه‌های حمل فلفل ممکن است از جنس‌های مختلفی تهیه شود ولی معمولاً تعداد ۶۰ فلفل در هر کارتن جا داده می‌شود. جعبه‌ها می‌تواند از جنس پلاستیک فشرده باشد و معمولاً دارای بارکد هستند. کناره‌های جعبه‌ها باید در برخی از قسمت‌ها باز باشد (دارای شکاف) تا تهویه مناسب انجام شود (Bosland et al., 2012).

۸-۶- خنک‌کننده‌ها و حمل و نقل

فلفل‌ها پس از برداشت باید جهت جلوگیری از فساد سریعاً خنک شوند. دمای محیط باید ۹ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده و وقتی دما به این مقدار رسید فن‌های خنک‌کننده خاموش می‌شوند. استفاده از خنک‌کننده‌های هوا (به جای سردخانه) تأثیر بهتری در افزایش عمر مفید فلفل دارد. زمان مورد نیاز برای خنک کردن محصول در خنک‌کننده‌های هوا نسبت به سردخانه‌ها به یک‌پنجم کاهش می‌یابد. در اوج برداشت محصول، زمان نقش بسیار مهمی خواهد داشت. در سطوح کوچک می‌توان از فن‌های کوچک برای جعبه‌هایی که از تخته سه لا ساخته شده جهت خنک‌سازی محصول استفاده کرد (شکل ۸-۲) (Kelley et al., 2009).



شکل ۸-۲ - استفاده از فن‌های کوچک برای خنک کردن محصول برداشت‌شده (Kelley et al., 2009).

قبل از حمل، فلفل به مدت ۲ هفته، در دمای $4/5$ تا 10 درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی در حد ۹۵ درصد نگه‌داشته شود و سپس به محل‌های مصرف ارسال می‌گردد. اگر فلفل‌ها بلافاصله بارگیری شوند در تریلرهایی که دما را تا $32/2$ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌کنند، فلفل‌ها تا رسیدن به مقصد داغ شده و موردپسند مصرف‌کننده‌ها نیستند. از طرفی اگر فلفل در دمای کمتر از $7/2$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود دچار خسارت چیلینگ شده و کاسه گل (که آلان میوه را در بردارد) به رنگ قهوه‌ای درآمده و ظرف ۴ تا ۵ روز می‌پوسد. در دمای $1/7$ درجه سانتی‌گراد حفره‌هایی روی سطح میوه توسعه می‌یابد (شکل ۸-۳).



شکل ۸-۳ - حفره‌دار شدن سطح فلفل ناشی از نگهداری در دمای پایین (Kelley et al., 2009).

این علائم وقتی خودشان را نشان می‌دهند که فلفل به دمای بالاتر (بازارهای خرده‌فروشی) منتقل شود. این یعنی کاهش عمر مفید فلفل. فلفل به اتیلن تولیدشده از سایر میوه و سبزیجات بسیار حساس است. گاز اتیلن باعث کاهش رنگ سبز فلفل شده و لکه‌های زرد، شکلاتی و قرمز روی آن ظاهر می‌شود. از نگهداری فلفل در مکانی که گوجه‌فرنگی، سیب، هلو و طالبی نگه‌داشته می‌شود خودداری نمایید. از حمل هم‌زمان این محصولات با فلفل نیز خودداری شود.

۸-۷- دمای ذخیره‌سازی

مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر طول عمر میوه فلفل پس از برداشت، دمای نگهداری آن است. معمولاً این طول عمر رابطه معکوس با افزایش دمای نگهداری دارد. گونه‌ای مختلف جنس *Capsicum* به افزایش دمای نگهداری حساس هستند. علاوه بر دماهای بالا، خسارت چیلینگ نیز از موارد رایج در شرایط نگهداری فلفل محسوب می‌شود. علائم خسارت چیلینگ در فلفل از بی‌رنگ شدن و تورفتگی بافت‌های میوه تا قهوه‌ای شدن آن متفاوت است. دمای چیلینگ معمولاً برای اکثر گونه‌ها از صفر تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود ولی علائم خسارت (افزایش تنفس و تولید اتیلن، تجمع مواد سمی و تخریب سلولی) در دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. در برخی از گونه‌ها علائم خسارت چیلینگ در همان دماهای پایین مشاهده شده و در برخی دیگر فقط وقتی قابل رؤیت هستند که میوه به دماهای بالا منتقل شود. گونه‌هایی که از مناطق سرد منشأ گرفته‌اند به خسارت چیلینگ حساس‌تر هستند. میوه‌های نارس و سبزرنگ نیز به خسارت سرما حساس‌تر از میوه‌های رسیده هستند. دمای بهینه برای نگهداری اکثر ارقام فلفل ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد به همراه رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد است. در اکثر حالات تأمین رطوبت نسبی در مقادیر ذکرشده میسر نیست. در چنین شرایطی استفاده از غشاءهای پلاستیکی برای جلوگیری از هدرروی آب توصیه می‌شود (Do Rego et al., 2016).

۸-۸- روش های خشک کردن فلفل

قبل از شروع به فاسد، فلفل می تواند برای چند روز تا چند هفته در دمای اتاق یا در یخچال و فریزر نگهداری شود. در هر صورت برای افزایش طول عمر، فلفل های ادویه ای بایستی خشک شوند. در این حالت با حذف آب در بافت ها، امکان فساد میکروبی کاهش می یابد. خشک کردن فلفل موجب کاهش فعالیت های آنزیمی و کاهش عوامل بیماری زا مثل قارچ ها و مخمرها می شود. علاوه بر این کاهش آب فلفل موجب افزایش تندی، طعم مناسب و افزایش قندهای طبیعی شده و زمینه را برای استفاده ی آن به عنوان طعم دهنده غذا را فراهم می کند (Chen et al., 2015).

یکی از معمول ترین روش های خشک کردن فلفل، استفاده از نور خورشید است. در یک روش ساده، فلفل ها روی سطوح مسطح قرار داده شده (شکل ۸-۴ الف) و یا در سینی های استیل ریخته شده و به دور از گردوغبار و حشرات در برابر نور خورشید قرار می گیرند (شکل ۸-۴ ب). استفاده از صفحات آلومینیومی در این رابطه توصیه نمی شود زیرا اسید موجود در برخی فلفل ها با آن واکنش نشان می دهد. به ریسمان کشیدن فلفل و قرار دادن آن ها در برابر نور خورشید نیز روش دیگری برای خشک کردن فلفل است (شکل ۸-۴ ج) (Dawson, 2016; Ergüneş and, Tarhan, 2006). استفاده از انرژی خورشیدی (خشک کن های خورشیدی) ممکن است در تلفیق با روش های مصنوعی و استفاده از وسایل گرمایشی در گلخانه ها و یا فضاهای بسته نیز انجام شود. این امر به تسریع فرایند خشک شدن کمک خواهد کرد. استفاده از جریان هوای گرم برای خشک کردن فلفل نیز یکی از روش های مرسوم است که برای خشک کردن فلفل مورد استفاده واقع می شود. در این حالت از فن های تولید کننده هوا استفاده شده و دمای هوا با توجه به سرعت خشک شدن مورد انتظار ممکن است از ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد تغییر نماید (Guine and, Barroca, 2012). یک روش خاص دیگر برای خشک کردن فلفل انجماد-خشک کردن و یا لیوفیلیزاسیون (Lyophilization) است. در این روش در شرایط کنترل شده دمایی و تحت فشار، آب منجمد مستقیماً به حالت گاز درآمده و فلفل ها نیز آب بافت های خود را از دست می دهند. این روش کندتر و پرهزینه تر از سایر روش های مرسوم است

(Guine and, Barroca, 2015). پسایش اسمزی (Osmotic Dehydration) نیز روش دیگری برای کاهش آب بافت‌های گیاهی است که برای خشک کردن فلفل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت میوه یا سبزیجات در محلول قند یا نمک با فشار اسمزی بالاتر از بافت‌های میوه و سبزی قرار می‌گیرد و بنابراین بافت‌ها آب خود را از دست می‌دهند (Ozdemir et al., 2008).



الف



ب



ج

شکل ۸-۴- انواع روش‌های خشک کردن فلفل با نور خورشید
(Dawson, 2016; Ergüneş and, Tarhan, 2006)

خشک شدن فلفل از نظر ظاهری موجب چروکیدگی (شکل ۸-۵)، تغییر رنگ و تغییر استحکام بافت‌ها شده و از نظر شیمیایی می‌تواند موجب کاهش ویتامین C و درصد بریکس شود (Ergunes and, Tarhan, 2006) اما اسیدهای چرب و ویتامین‌های A، D،

E و K تقریباً ثابت باقی می‌ماند. حذف رادیکال‌های آزاد و خواص آنتی‌اکسیدانی فلفل در روش‌های مختلف خشک کردن (نور خورشید، ماکرو ویو و استفاده از آون) افزایش یافته است (Arslan and Ozcan, 2011).

کارتنوئیدها و کپسایسینوئیدها از دیگر ترکیبات فلفل هستند که در فرایند خشک کردن می‌توانند دچار تغییر شوند اما این تغییرات به نحوی خشک کردن بستگی دارد. مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن و تأثیر آن بر میزان انواع کارتنوئیدها در جدول ۸-۱ نشان داده شده است (Topuz et al., 2011). همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود روش طبیعی خشک کردن (دویم کردن فلفل در جهت طولی و به مدت ۱۰-۸ روز در تاریکی و دمای اتاق) باعث افزایش اکثر ترکیبات موجود شده است.



الف



ب

شکل ۸-۵- تأثیر خشک کردن بر بافت‌های فلفل (الف: بافت تازه) ب: بافت پس از خشک شدن) (Arslan and Ozcan, 2011).

اختلالات فیزیولوژیک، آفات و بیماری‌ها در فلفل ————— / ۱۹۵

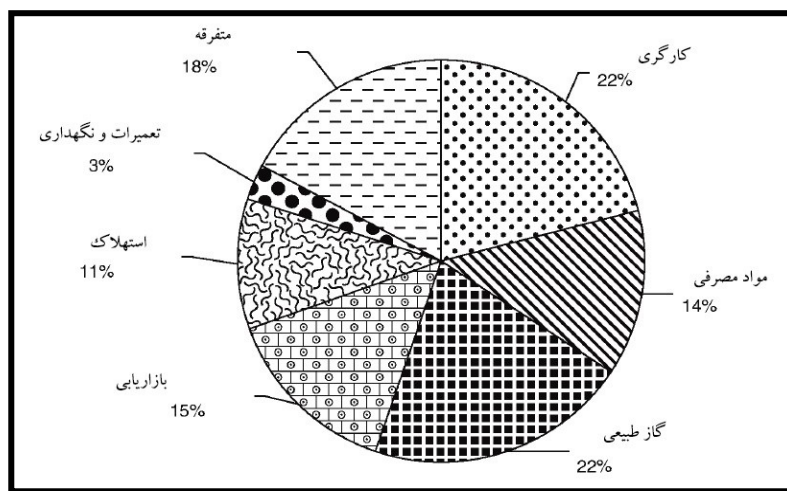
جدول ۸-۱- مقایسه روش‌های مختلف خشک‌کردن و تأثیر آن بر میزان انواع کارتنوئید و کپسایسینوئیدها در فلفل Paprika (Topuz et al., 2011)

نوع ترکیب	مقدار در			روش خشک‌کردن	
	حالت طبیعی	سرمادهی	آون	خشک‌کردن با تسمه‌نقاله	روش طبیعی
Capsorubin	۱۰۰	٪۷۲	٪۶۹	٪۸۴	٪۱۱۷
Violaxanthin	۱۰۰	٪۵۴	٪۴۷	٪۴۸	٪۸۷
Capsanthin	۱۰۰	٪۷۰	٪۶۵	٪۶۸	٪۱۱۵
Mutatoxanthin	۱۰۰	٪۶۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
Zeaxanthin	۱۰۰	٪۷۳	٪۷۰	٪۷۵	٪۱۲۰
Capsolutein	۱۰۰	٪۷۳	٪۶۹	٪۶۹	٪۱۱۸
β -cryptoxanthin	۱۰۰	٪۷۱	٪۷۷	٪۸۲	٪۱۱۹
β -carotene	۱۰۰	٪۷۲	٪۷۵	٪۷۷	٪۱۱۰

۸-۹- جنبه‌های اقتصادی تولید فلفل گلخانه‌ای

کشورهای عمده تولیدکننده فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای مکزیک، هلند، کانادا، اسپانیا و اسرائیل هستند. کشت گلخانه‌ای فلفل فرصت مناسبی برای بهره‌وری حداکثری از واحد سطح زمین را فراهم می‌کند و فلفل به عنوان محصولی که مصرف آن رو به افزایش است یکی از بهترین گیاهان کاندید برای کشت‌های گلخانه‌ای است. مصرف سرانه فلفل تازه در سال ۱۹۸۱ میلادی در کانادا ۱/۶۵ کیلوگرم بود و در سال ۲۰۰۸ به ۴/۱۰ کیلوگرم رسید. وضعیت مشابهی در اروپا و شمال آمریکا مشاهده می‌شود. در نواحی گرمسیر و نیمه گرمسیر برای تولید فلفل از سایه بان (موارد مشابه) استفاده شده و از شیشه برای احداث گلخانه استفاده نمی‌شود. در نواحی گرمسیر استفاده از تجهیزات خنک‌کننده نگرانی اصلی است. طول مدتی که فلفل در گلخانه رشد می‌کند و طبیعتاً زمان اولین برداشت محصول با توجه به رقم متفاوت بوده ولی در اکثر مواقع این زمان نسبت به گوجه و خیار زیادتر است (عابدی کوهپایی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ با این وجود قیمت محصول فلفل نسبت به خیار و گوجه باثبات‌تر بوده است. همین امر باعث شده تولیدکنندگان از نشاهای فلفل ۳۰ تا ۵۰ روزه استفاده کرده و طول زمان رشد در گلخانه را کاهش دهند.

هزینه‌های یک گلخانه فلفل با توجه به شرایط و ویژگی‌های هر منطقه، قیمت مواد مصرفی و... متفاوت بوده ولی به‌عنوان یک راهنمای کلی می‌توان هزینه‌ها را شامل: کارگری، مواد مصرفی، گاز طبیعی، بازاریابی، استهلاک، تعمیرات و نگهداری و هزینه‌های متفرقه دانست (شکل ۸-۶) (Russo, 2012).



شکل ۸-۶- راهنمای هزینه‌ها در کشت گلخانه‌ای (Russo, 2012).

معمولاً برای بررسی و مقایسه محصولات گلخانه‌ای از نظر اقتصادی، از شاخص نسبت درآمد به هزینه استفاده می‌شود. به عنوان مثال در مطالعه‌ای در هندوستان دو محصول گلخانه‌ای فلفل و گوجه فرنگی مقایسه شدند و نتایج نشان داد محصول فلفل با نسبت درآمد به هزینه $1/80$ نسبت به گوجه فرنگی، محصول اقتصادی تری است (Murthy et al., 2009). از دیدگاه اجرایی جدولی برای هزینه‌ها تشکیل داده می‌شود و با مقایسه آن با درآمدها نسبت درآمد به هزینه‌ها محاسبه می‌شود. چنین فرآیندی به مقایسه محصولات از نظر اقتصادی کمک می‌کند. به عنوان مثال در مطالعه‌ای در هند نسبت هزینه هر یک از عوامل تولید به هزینه کل برای فلفل، لوبیا چشم بلبلی، خیار و گوجه فرنگی مقایسه شد (جدول ۸-۲). به نظر می‌رسد در گیاهان گلخانه‌ای هزینه نیروی کارگری سهم بزرگی از کل هزینه‌ها را در بر می‌گیرد (Franco et al., 2018).

اختلالات فیزیولوژیک، آفات و بیماری‌ها در فلفل ————— ۱۹۷

جدول ۸-۲- مقایسه نسبت هزینه هر یک از عوامل تولید به هزینه کل در فلفل، لوبیا چشم بلبلی، خیار و گوجه فرنگی (Franco et al., 2018).

هزینه ها/ نام محصول	فلفل	لوبیا چشم	خیار	گوجه فرنگی
دستمزد کار خود کشاورز	۶۱/۴	۶۹/۱	۶۰/۱	۶۶/۱
دستمزد نیروی کارگری	۸/۵	۶/۲	۷/۱	۶/۷
هزینه های مواد کاشت	۶/۶	۴/۹	۷/۱	۴/۸
هزینه های ماشین	۰/۶	۰/۵	۰/۷	۰/۶
هزینه کود دامی	۸/۶	۴/۷	۶/۱	۴/۲
هزینه کود مایع	۱/۸	۱/۴	۲/۰	۱/۶
هزینه کودهای جامد	۱/۸	۱/۴	۱/۹	۱/۹
هزینه مواد شیمیایی	۳/۰	۳/۴	۴/۹	۵/۴
هزینه های نشاء	۱/۴	۱/۶	۱/۸	۱/۹
دیگر هزینه ها	۳/۲	۲/۷	۳/۳	۳/۰

منابع

- ۱- جلیلی مرندی، رسول. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی. انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد ارومیه. جلد اول، ۶۳۶ صفحه.
- ۲- رضوی، وحیده، خزائی، فردین، نصرالهی اسماعیل و کاوند عبدالرضا. ۱۳۹۰. شناسایی و ثبت تعدادی از ارقام فلفل با استفاده از صفات مرفولوژیکی. گزارش نهایی، موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال. ۳۲ صفحه.
- ۳- عابدی کوهپایی، جهانگیر، اسلامیان، سعید و زارعیان، محمد جواد. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرو لایسیمتر در گلخانه. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۷: ۶۳-۵۱.
- ۴- موسوی، حسن، صالحی، رضا، حبشی، معصومه و عصمتیف علی. ۱۳۹۶. ضوابط و الزامات اختصاصی سطح تجاری. وزارت در تولید مکانیزه نشا فلفل. موسسه تحقیقات علوم باغبانی، ۸ صفحه.
- 5- Ahmed, N., Muzaraf, H. 2000. Heterosis studies for fruit yield and some economic characters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 19, 74-77.
- 6- Albaho, M., Thomas, B. and Christopher, A. 2008. Evaluation of hydroponic techniques on growth and productivity of greenhouse grown bell pepper and strawberry. *International journal of vegetable science*, 14(1):23-40.

- 7- Albrecht, E., Zhang, D., Mays, A.D., Saftner, R.A. and Stommel, J.R. 2012. Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantly influenced by its ecogeographical distribution. BMC genetics, 13(1):68.
- 8- Allard, R. W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc., New York – London.
- 9- Aleemullah, M., A.M. Haigh and P. Holford. 1996. Anthesis, pollination, gametophytic receptivity, and fruit development in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). Proceedings of 13th National Pepper Conference, Naples, Florida. pp. 12-13.
- 10- Aloni, B. and Karni, L. 2002. Effects of CO₂ enrichment on yield, carbohydrate accumulation and changes in the activity of antioxidative enzymes in bell pepper. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 77, 534–540.
- 11- Ambrózy, Z.S., Daood, H., Nagy, Z.S., Darázsi Ledó, H. and Helyes, L. 2016. Effect of net shading technology and harvest times on yield and fruit quality of sweet pepper. Applied Ecology and Environmental Research, 14:99-109.
- 12- Anandhi K, Abdul Khader KM .2011. Gene effect of fruit yield and leaf curl virus resistance in interspecific crosses of chilli (*Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L.). J. Trop. Agric. 49:107–109.
- 13- Antonious, G.F., Turley, E.T. and Hill, R.R. 2014. Antioxidant contents of bell pepper and melon fruits grown in soil amended with recycled waste. Journal of Environmental Science and Health. Part B. 49: 361-365.
- 14- Arslan, D., Özcan, M.M. 2011a. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. Food and Bioproducts Processing 89: 504–513.
- 15- Ashilenje, D.S. 2014. Learn how to grow peppers. 37pp. <http://publications.cta.int/en/publications/publication/1760/>
- 16- ASTA. 1997. Official Analytical Methods of the American Spice Trade Association, 4th ed. ASTA, New Jersey, p. 165.
- 17- Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J. and Patil, B.S. 2012. Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp.) cultivars. Food Chemistry. 13: 1912-1918.

- 18- Baer, J. and Smeets, L. 1978. Effect of relative humidity on fruit set and seed set in pepper (*Capsicum annuum* L.). Netherlands Journal of Agricultural Science, 26, 59–63.
- 19- Bakker, J.C. 1989a .The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Horticultural Science, 64: 123–130.
- 20- Barroso, P.A., Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Nascimento, K.S., Nascimento, N.F.F., Nascimento, M.F., Soares, W.S., Ferreira, K.T.C., Otoni, W.C .2012. Analysis of segregating generation for components of seedling and plant height of pepper (*Capsicum annuum* L.) for medicinal and ornamental purposes. Acta Hortic. 953:269–275.
- 21- Bar-Yosef, A., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y. Aharon, Z., Ilić, Z., Lurie, S. and Fallik, E. 2009. Effect of shrink packaging in combination with rinsing and brushing treatment on chilling injury and decay of sweet pepper during storage. Advances in Horticultural Science. 23: 225-230.
- 22- Berke, T. G. 2000. Hybrid seed production in *Capsicum*. Journal of New Seeds, 1(3-4), 49-67.
- 23- Berke, T.G., Black, L.L., Green, S.K., Morris, R.A., Talekar, N.S. and Wang, J.F. 1999. Suggested Cultural Practices for field cultivation of sweet peppers. Intl. Cooperator's Guide. AVRDC. Pub, 99-497.
- 24- Bhargava, Y.R., Umalkar, G.V. 1989. Productive mutations induced in *Capsicum annuum* by physical and chemical mutagens. Acta Hortic. 253:233–238.
- 25- Black, L.L., Green, S.K., Hartman, G.L. and Poulos, J.M. 1991. Pepper diseases: a field guide. Asian Vegetable Research and Development Center.99 pp.
- 26- Bosland, P.W. 1993. Breeding for quality in Capsicum. Capsicum Eggplant Newsl 12:25–31.
- 27- Bosland, P.W., Votava, E.J. 2003. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI, New York, 204p.
- 28- Bosland, P.W., Votava, E.J. and Votava, E.M. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums (Vol. 22). Cabi. 230pp.
- 29- Cabral, V.O.S. 2006. Efeitos da perda de água em frutos de pimenta (*Capsicum* spp.). Dissertation, 4: 313–320.
- 30- Cavero, J., Gil Ortega, R. and Gutierrez, M. 2001. Plant density affects yield, yield components, and color of direct seeded paprika pepper. HortScience, 36, 76–79.

- 31- Cebula, S. and Kalisz, A. 2001. The effect of side shoots pruning on the growth and fruiting of sweet pepper plants trained to one main shoot in greenhouse production. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 54(1).
- 32- Chang, W. N. 1977. Studies on genetic behaviour and breeding of sweet pepper. 3. A diallel analysis of plant height, plant weight, number of branch, total number of flowers, days to first flower and days to first fruit maturity. *Chinese Society for Horticultural Science, Journal*, 23, 237–246.
- 33- Chang, W. N., Chung, W. J. 1979. Studies on genetic behaviour and breeding of sweet pepper. 4. Early generation heterosis and inbreeding depression. *NCHU Horticulture*, 4, 9–12.
- 34- Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E., Guevara-Aguilar, A. 2013. Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting Molecules 18, 15689-15703.
- 35- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., Zhou, Y. 2015. Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short- and medium-wave infrared radiation. *LWT - Food Science and Technology* 64, 759–766.
- 36- Choi, S. H., Kim, Y. C. 1986. The inheritance of anatomical components in red pepper. *Kyungpook National University, Agricultural Research Bulletin*, 4, 12–17.
- 37- Choon, Y.K. 1999. Mechanization in chili cultivation. National Engineering Conference on Smart Farming for the Next Millennium. University Putra Malaysia, Serdang, Malaysia, 14-16 March 1999.
- 38- Cochran, H.L. 1938. A morphological study of flower and seed development in pepper. *Journal of Agricultural Research* 56:395-417.
- 39- Code, U.P.O.V., 2015. International Union for the protection of new varieties of plants. 35pp.
- 40- Costa, L.V., Lopes, R., Lopes, M.T.G., Figueiredo, A.T., Barros, W.S., Alves, S.E.M. 2009. Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. *Crop Breed Appl Biotechnol*, 9:181–186.
- 41- Craciun, V. and Balan, O. 2005. Technological design of a new transplanting machine for seedlings. *Journal of Central European Agriculture* 7(1), 164.
- 42- Daskalov S, Poulos JM (1994) Updated Capsicum gene list. *Capsicum Eggplant Newsl* 13:16–26.

- 43- Daskalov, S.L., Mihailov, L. 1988. A new method for hybrid seed production based on cytoplasmic male sterility combined with a lethal gene and a female sterile pollinizer in *Capsicum annuum* L. Theor Appl Genet 76:530–532.
- 44- Dawson, B. 2016. Peppers, harvesting methods, antioxidants properties, and health effects. Food and Beverage Consumption and Health. Nova Science Publishers, Inc. New York. 147pp.
- 45- Depestre, T., Gomez, O., Espinosa, J. 1989. Components of variability, heritability and genetic advance in pepper. Ciencia y Tecnica en la Agricultura: Hortalizas, Papa, Granos y Fibras, 8, 91–95.
- 46- DeWitt, D. and Bosland, P.W. 2009. The complete chile pepper book: A gardener's guide to choosing, growing, preserving, and cooking. Timber Press.
- 47- Diaz-Perez, J.C. 2014. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) crop as affected by shade level: Fruit yield, quality, and postharvest attributes, and incidence of Phytophthora Blight (caused by *Phytophthora capsici* Leon.). Hort Science. 49: 891-900.
- 48- Dhaliwal, M.S. and S.K. Jindal .2014. Induction and exploitation of nuclear and cytoplasmic male sterility in pepper (*Capsicum* spp.): a review. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 89: 471–479.
- 49- Domingues, D.S., Takahashi, H.W., Camara, C.A.P. and Nixdorf, S.L. 2012. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. Computers and Electronics in Agriculture 84: 53-61.
- 50- Doshi, K. M., Shukla, M. R., Kathiria, K. B. 2001. Seedling analysis for the prediction of heterosis and combining ability (*Capsicum annuum* L.). Capsicum and Eggplant Newsletter, 20, 46–49.
- 51- Doshi, K. M., Shukla, P. T. 2000. Combining ability analysis for fresh fruit yield and its components over environments in chilli (*Capsicum annuum* L.). Capsicum and Eggplant Newsletter, 19, 82–85.
- 52- Do Rego, E.R., do Rêgo, M.M. and Finger, F.L. 2016. Production and breeding of chilli peppers (*Capsicum* spp.). Springer.
- 53- Durner, E.F., 2013. Principles of horticultural physiology. CABI. 405 pp.
- 54- Edirisinghe, M., Ali, A., Maqbool, M. and Alderson, P.G. 2014. Chitosan controls postharvest anthracnose in bell pepper by activating defenserelated enzymes. Journal of Food Science and Technology. 51: 4078-4083.

- 55- Ergüneş, G., Tarhan, S. 2006. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. Journal of Food Engineering 76, 446–452.
- 56- Erickson, A.N. and Markhart, A. H. 2002. Flower development stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Environment, 25(1), pp.123-130.
- 57- Fallik, E. and Ilić, Z. 2014. Grafted vegetables - the influence of rootstock and scion on postharvest quality. Folia Horticulturae. 26: 79-90.
- 58- Fallik, E., Grinberg, S. and Ziv, O. 1997. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits. Journal of Horticulture Science. 72: 35-41.
- 59- Fite, G. L. 2003. Studies on genetic variability, inheritance and heterosis in pepper (*Capsicum annuum* L.) (Doctoral dissertation, University of the Free State).
- 60- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) .2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- 61- Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development: theory and technique, vol 1. Macmillan, New York, 736p.
- 62- Fernandez, M. D., Gallardo, M., Bonachela, S., Orgaz, F., Thompson, R. B. and Fereres, E. 2005. Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80, 87–96.
- 63- Ferreira, K.T.C., Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Fortunato, F.L.G., Nascimento, N.F.F., De Lima, J.A.M. 2015. Combining ability for morpho-agronomic traits in ornamental pepper. Acta Hortic 1087: 187–194.
- 64- Fortunato, F.L.G., Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Pereira dos Santos, C.A., Gonçalves de Carvalho, M. 2015. Heritability and genetic parameters for size-related traits in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). Acta Hortic (ISHS) 1087:201–206.
- 65- Franco, D., Singhand, R. and Praveen V., 2018. Economic feasibility of vegetable production under polyhouse: a case study from Palakkad district of Kerala. Journal of Crop and Weed, 14(1), pp.134-139.
- 66- Geleta, L.F., Labuschagne, M.T. 2004a. Comparative performance and heterosis in single, three-way and double cross pepper hybrids. J. Agric. Sci. 142:659–663.

- 67- George, C.K., Abdullah, A. and Chapman, K. 2005. Pepper production guide for Asia and the Pacific. IPC/FAO.
- 68- Ghoname, A.A., El-Bassiouny, A.M., Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Tohamy, W.A. and Gruda, N. 2012. Growth, yield and blossom-end rot incidence in bell pepper as affected by phosphorus level and amino acid applications. *Gesunde Pflanzen*, 64:29-37.
- 69- Gniffke, P.A., S.W. Lin and S.C. Shieh .2009. Cytoplasmic Male Sterility in Sweet Pepper to Produce Hybrid Seed. AVRDC-The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. Publication No. 09-718, p. 9.
- 70- Greenleaf, W.H. 1986. Pepper breeding. In: Basset MJ (ed) Breeding vegetable crops. AVI, Wesport, pp 69–127.
- 71- Guiné, R.P. ferreira, 2015. Food Drying and Dehydration: Technology and Effect on Food Properties. LAP Lambert Academic Publishing GmbH and Co, Germany.
- 72- Guiné, R.P.F., Barroca, M.J. 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing* 90: 58–63.
- 73- Hallmann, E. and Rembialkowska, E. 2012. Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92: 2409-2415.
- 74- Halmer, P. 2008. Seed technology and seed enhancement. *Acta Horticulturae* 771: 17-26.
- 75- Hasanuzzaman, M., Hakim, M.A., Fersdous, J., Islam, M.M. 2012. Combining ability and heritability analysis for yield and yield contributing characters in chilli (*Capsicum annuum*) landraces. *Plant Omics J.* 34:337–344.
- 76- Heiser, C.B. J. 1979. Peppers *Capsicum* (Solanaceae). In: Simmonds NW (ed) *Evolution of crop plants*. Longman, New York, pp 265–273.
- 77- Hochmuth, G.J. and Hanlon, E. 1999. *A Summary of N, P, and K Research with Pepper in Florida*. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.
- 78- Hyder, S., Naseem, S., Azhar, S., Ashfaq, M., Ali, Z., Khalid, A. and Inam-ul-Haq, M. 2018. Disease Incidence and Severity of *Pythium* spp. and *Phytophthora* spp. Affecting Chili Pepper and Tomato Crops in Punjab, Pakistan. *Philippine Agricultural Scientist*, 101(1).

- 79- ICAR Indian Council of Agricultural Research .2008. Agricultural mechanization and energy management. In: Department of Agricultural Research and Education/ICAR Annual Report 2007-08, Ministry of Agriculture, Government of India, New Delhi, India, pp. 87-95.
- 80- Ilić, S, Z., Trajković, R., Fallik, E., Perzelan, Y. and Alkalai-Tuvia, S. 2012.Effect of prestorage heat treatment and individual shrink packaging on quality and nutritional level of bell pepper fruit during cold storage. International Journal of Food Science and Technology. 47: 83-90.
- 81- Ilić, S.Z., Šunić, L., Mirecki, N. and Fallik, E. 2014. Cultivars differences in keeping quality and bioactive constituents of bell pepper fruit during prolonged storage. Journal of Advances in Biotechnology. 4: 313-318.
- 82- Ilić, Z. and Fallik, E. 2008. Total antioxidant activity (TAA) of bell pepper (*Capsicum annum* L.) during prolonged storage on low temperature. Journal of Agricultural Sciences. 53: 3-12.
- 83- Ilić, Z., Vinokur, Y., Ben-Yosef, A., Pertzalan, Y., Alkalai-Tuvia, S. and Fallik, E. 2009. Hydrophilic and lipophylic antioxidant activity changes at different ripening stages in tomato fruit during postharvest storage. Acta Horticulturae. 830: 627-634.
- 84- International Board for Plant Genetic Resources .1983. Genetics resources of Capsicum, a global plan and action. IBPGR, Rome, 49p.
- 85- Jarret, R.L., Baldwin, E., Perkins, B., Bushway, R. and Guthrie, K. 2007. Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*. HortScience, 42(1):16-19.
- 86- Kalloo, A. 1988. Vegetable Breeding. Volume I. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- 87- Karni, L., Aloni, B., Bartal, A., Moreshet, S., KeinanE, M. and Yao, C. 2000.The effect of root restriction on the incidence of blossom-end rot in bell pepper (*Capsicum annum* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75, 364–369.
- 88- Katsoulas, N., Kittas, E., Kittas, C., Tsirogiannis, I.L., Stamati, E. and Savvas, D. 2006. Greenhouse cooling by a fog system: effects on microclimate and on production and quality of a soilless pepper crop. Acta Horticulturae 719: 455-461.
- 89- Kaul, B. L., Sharma, P. P .1988. Heterosis and combining ability studies for some fruit characters in bell pepper (*Capsicum annum* L.). Vegetable Science, 15, 171–180.

- 90- Kelley, W.T., Boyhan, G.E., Harrison, K.A., Granberry, D.M., Langston, D.B., Sparks, A.N., Culpepper, S., Hurst, W.C. and Fonsah, E.G. 2009. Commercial pepper production handbook.
- 91- Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J.O., Dommes, J. and Pincemail, J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 8596-8603.
- 92- Kim, Y.M., Y.D. Jo, J.K. Kwon, I.T. Kim and B.C. Kang .2013. Characterization and inheritance of a novel thermo-sensitive restoration of cytoplasmic male sterility in *Capsicum annuum*. *Sci. Hortic*. 164: 512–520.
- 93- Kumar, G.V.P. and Raheman, H. 2008. Vegetable transplanters for use in developing countries -a review. *International Journal of Vegetable Science* 14(3), 232-255.
- 94- Lannes, S.D., Finger, F.L., Schuelter, A.R., Casali, V.W.D .2007. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. *Scientia Horticulturae*, 112:266-270.
- 95- Legesse, G. 2000. Combining ability study for green fruit yield and its components in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agron. Hung.*, 48, 373–380.
- 96- Lim, C.S., Kang, S.M., Cho, J.L., Gross, K.C. and Woolf, A.B. 2007. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripening. *HortScience*. 42: 1659-1664.
- 97- Lippert LF, Bergh BO, Smith PG (1965) Gene list for the pepper. *J. Hered* 56:30–34.
- 98- Lopez-Marin, J., Gonzalez, A., Pérez-Alfocea, F., Egea-Gilabert, C. and Fernandez, J.A. 2013. Grafting is an efficient alternative to shading screen to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Scientia Horticulturae*. 149: 39-46.
- 99- Lucier, G. and Dettmann, R.L. 2008. Table 13 Vegetables, fresh market: US imports of major vegetables, 1979-2007. In: *Vegetables and Melons Situation and Outlook Yearbook*. Electronic Outlook Report from the Economic Research Service, USDA, VGS-2008, 15 May, p. 28.
- 100- Luković, J., Todorović, B., Milijašević-Marčić, S., Rekanović, E., Kostić, M., Đurović-Pejčev, R. and Potočnik, I. 2019. Antifungal activity of plant essential oils against *Verticillium dahliae* Klebahn, the causal agent of *Verticillium* wilt of pepper. *Pesticidii fitomedicina*, 34:39-46.

- 101- Lurie, S. 2005. Application of 1-methylcyclopropene to prevent spoilage. Stewart Postharvest Review. 4: 1-4.
- 102- Maalekuu, K., Elkind, Y., Tuvia-Alkalai, S., Shalom, Y. and Fallik, E. 2003. Quality evaluation of tree sweet pepper cultivars after prolonged storage. Advances in Horticultural Science. 17: 187-191.
- 103- Mangan, F.X., Vavrina, C.S. and Howell, J.C., 2000. Transplanting depth affects pepper lodging and maturity. HortScience, 35(4), pp.593-595.
- 104- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., Baan Hofman-Eljer, L.R., Den Bakker, J., and Xue, L.B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. Journal of Experimental Botany, 55: 2261-2268.
- 105- Marcelis, L. F. M. and Baan Hofman-Eljer, L. R. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. Annals of Botany, 79, 687–693.
- 106- Marfutina, V.P. 1975. Obtaining hybrid seeds of sweet pepper without emasculation of the flowers. Plant Breeding Abstracts 45:822. Abstract No. 10288.
- 107- Martin, J.A., Crawford, J.H. 1951. Several types of sterility in *Capsicum frutescens*. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 57:335–338.
- 108- Maynard, D.N. and Hochmuth, G.J. 2007. Knott's handbook for vegetable growers. John Wiley & Sons. 621 pp.
- 109- McCormack, J.H. 2006. Pepper seed production. 18pp.
- 110- Moreira, S.O., Rodrigues, R., Araújo, M.L., Sudréc, P., Riva-Souza, E.M. 2009. Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. Ciência Rural 39(5):1387–1393.
- 111- Munilla, R.D. and Shaw, L.N. 1987. A high speed dibbling transplanter. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 30(4), 904-908.
- 112- Murthy D. S., Prabhakar B. S., Hebbar S. S., Srinivas V., and Prabhakar M. 2009. Economic feasibility of vegetable production under polyhouse: A case study of capsicum and tomato. J. Hort. Sci., 4(2): 148–152.
- 113- Nascimento, K.S., Rêgo, M.M., Nascimento, A.M.M., Rêgo, E.R. 2015a. Ethyl methanesulfonate in the generation of genetic variability in *Capsicum*. Acta Hort 1087:357–363.

- 114- Nascimento, N.F.F., Nascimento, M.F., Rêgo, E.R., Lima, J.A.M., Rêgo, M.M., Finger, F.L., Bruckner, C.H. 2015b. Intraspecific cross-compatibility in ornamental pepper. *Acta Hort* 1087: 339–344.
- 115- Nascimento, N.F.F., Nascimento, M.F., Santos, R.M.C., Bruckner, C.H., Finger, F.L., Rego, E.R., Rego, M.M. 2013. Flower color variability in double and three-way hybrids of ornamental peppers. *Acta Hort* 1000:457–464.
- 116- Nascimento, N.F.F., Rêgo, E.R., Nascimento, M.F., Bruckner, C.H., Finger, F.L., Rêgo, M.M. 2014. Combining ability for yield and fruit quality in the pepper *Capsicum annuum*. *Genet Mol Res* 13:3237–3249.
- 117- Nascimento, N.F.F., Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Nascimento, M.F., Alves, L.I.F. 2012. Compatibilidade em cruzamentos intra e interespecíficos em pimenteiras ornamentais. *Rev Bras Hort Ornamental* 18(1):57–62.
- 118- Nielsen, C.J., Ferrin, D.M. and Stanghellini, M.E. 2006. Efficacy of biosurfactants in the management of *Phytophthora capsici* on pepper in recirculating hydroponic systems. *Canadian Journal of Plant Pathology* 28(3): 450–460.
- 119- Ozdemir, M., Ozen, B.F., Dock, L.L., Floros, J.D., 2008. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* 41, 2044–2050.
- 120- Palloix, A., Daubese, A.M., Phaly, T., Pochard, E. 1990a. Breeding transgressive lines of pepper for resistance to *Phytophthora capsici* in a recurrent selection system. *Euphytica* 51:141–150.
- 121- Palloix, A., Pochard, E., Phaly, T., Daubese, A.M. 1990b. Recurrent selection for resistance to *Vorticillium dahlia* in pepper. *Euphytica* 47:79–89.
- 122- Patil, S.S.A., Salimath, P.M. 2008. Estimation of gene effects for fruit yield and its components in chili (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Sci.* 21(2):181–183.
- 123- Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Hoist, I., Pearsall, D.M., Piperno, H.R., Berman, M.J., Cooke, R.G., Rademaker, K., Ranere, A.J., Raymond, J.S., Sandweiss, D.H., Scaramelli, F., Tarble, K. and Zeidler, J.A. 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of Chili Peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 135, 966–998.
- 124- Peterson, P.A. 1958. Cytoplasmically inherited male sterility in *Capsicum*. *Am Nat* 92:111–119.
- 125- Poulos, J.M. 1994. Pepper breeding (*Capsicum* spp.): achievements, challenges and possibilities. *Plant Breed Abstracts* 64(2):144–155.

126-Poverenov, E., Zaitsev, Y., Arnon, H., Granit, R., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y., Weinberg, T. and Fallik, E. 2014. Effects of a composite chitosan– gelatin edible coating on postharvest quality and storability of red bell peppers. *Postharvest Biology and Technology*. 96: 106-109.

127-Raffo, A., Baiamonte, I., Nardo, N. and Paoletti, F. 2007. Internal quality and antioxidants content of cold-stored red sweet peppers as affected by polyethylene bag packaging and hot water treatment. *European Food Research Technology*. 225: 395-405.

128-Rahman, M.A., Halim, G.M.A., Chowdhury, M.G.F., Hossain, M.A. and Rahman, M.M. 2014. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) during fruit growth and development. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 39: 373-383.

129-Rêgo, E.R. 2001. Diversidade, herança e capacidade de análise combinatória em pimenta (*Capsicum baccatum*). UFV, Minas Gerais. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Viçosa.

130-Rêgo, E.R., Finger, F.L., Nascimento, M.F., Barbosa, L.A.B., Santos, R.M.C. 2011d. Pimenteiras Ornamentais. In: Rêgo ER, Finger FL, Rêgo MM (eds) *Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (Capsicum spp.)*, vol 1. Imprima, Recife, pp 205–223.

131-Rêgo, E.R., Fortunato, F.L.G., Nascimento, M.F., Nascimento, N.F.F., Rêgo, M.M., Finger, F.L. 2012b. Inheritance of earliness in ornamental pepper (*Capsicum annum*). *Acta Hortic*. 961: 405–410.

132-Rêgo, E.R., Nascimento, M.F, Nascimento, N.F.F., Santos, R.M.C., Fortunato, F.L.G., Rêgo, M.M. 2012d. Testing methods for producing self-pollinated fruits in ornamental peppers. *Hortic Bras* 30:708–711.

133-Rêgo ER, Rêgo MM, Costa FR, Nascimento NFF, Nascimento MF, Barbosa LA, Fortunato FLG, Santos RMC (2012c) Analysis of diallel cross for some vegetative traits in chili pepper. *Acta Hortic*. 937:297–304.

134-Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Cruz, C.D., Finger, F.L., Casali, V.W.D. 2011c. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genet Resour Crop Evol* 58:909–918.

135-Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Finger, F.L. 2015a. Methodological basis and advances for ornamental pepper breeding program in Brazil. *Acta Hortic* 1087:309–314.

- 136-Rêgo, E.R., Rego, M.M., Finger, F.L., Cruz, C.D., Casali, and V.W.D. 2009b. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). Euphytica 168:275–287.
- 137- Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Matos, I.W.F., Barbosa, L.A. 2011b. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. Hortic. Bras 29:364–371.
- 138-Rêgo, E.R., Rêgo, M.M., Silva, D.F., Cortez, R.M., Sapucay, M.J.L.C., Silva, D.R., Silva Junior, S.J. 2009a. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. Acta Hortic 829:371–375.
- 139-Rêgo, M.M., Sapucay, M.J.L.C., Rêgo, E.R., Araújo, E.R. 2015b. Analysis of divergence and correlation of quantitative traits in ornamental pepper (*Capsicum* spp.). Acta Hortic 1087:389–394.
- 140-Resh, H.M. 2013. Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. CRC Press, Boca Raton, FL.
- 141-Rowe, J. 2008. Jamaica Greenhouse Growers Association Handbook (No. 631.5729). Jamaica Greenhouse Growers Association.
- 142-Rouphael, Y. and Colla, G. 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. Scientia Horticulturae 105 (2): 177-195.
- 143-Russo, V.M. 2012. Peppers: botany, production and uses. CABI.280pp.
- 144-Rylski, I. and Spigelman, M. 1982. Effect of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. Scientia Horticulturae 17:101-106.
- 145-Rylski, I. 1984. Pepper (*Capsicum*). In CRC Handbook of Fruit Set and Development. Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 341-353.
- 146-Salkadaş, M. and Kaynaş, K. 2010. Biochemical and quality parameters changes of green sweet bell peppers as affected by different postharvest treatments. African Journal of Biotechnology. 9: 8174-8181.
- 147-Saure, M.C. 2014. Why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit—a reappraisal. Scientia Horticulturae, 174:151-154.
- 148-Scoville, Wilbur .1912. "Note on capsicums". Journal of the American Pharmaceutical Association. 1 (5): 453–4.

- 149-Selahle, K.M., Sivakumar, D., Jifon, J. and Soundy, P. 2015. Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets. Food Chemistry. 173: 951-956.
- 150-Seminis .2017.Seminis growth forward. <http://www.seminis-us.com/>
- 151-Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N. and Chaurasia, O.P. 2018. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. Journal of Soil and Water Conservation, 17(4):.364-371.
- 152-Shifriss C (1997) Male sterility in pepper (*Capsicum annuum* L.). Euphytica 93:83–88.
- 153-Shifriss, C., Frankel, R. 1971. New sources of cytoplasmic male sterility in cultivated peppers. J. Hered 64:254–256.
- 154-Shrestha, A. and Dunn, B. 2013. Hydroponics. Oklahoma Cooperative Extension Services HLA-6442.
- 155-Sinha, A. and Petersen, J. 2011. Caribbean hot pepper production and post-harvest manual. FAO/Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Rome, Italy.
- 156-Sivakumar, D. and Fallick, E. 2013. Influence of heat treatments on quality retention of fresh and fresh-cut produce. Food Reviews International. 29:294-320.
- 157-Sonawane, V.B. 2019. Tolerance of aliette by rhizosphere mycoflora of *Capsicum annuum* L. Indian Journal of Applied Research, 9(6).
- 158-Sreelathakumary, I., Rajamony, L. 2004. Variability, heritability and genetic advance in chilli (*Capsicum annuum* L.). J. Trop. Agric. 42(1–2):35–37.
- 159-Srinivasan, K., 2016. Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principle capsaicin: a review. Critical reviews in food science and nutrition, 56(9), pp.1488-1500.
- 160-Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R.P. and Buckmaster, D.R. 2006. Engineering Principles of Agricultural Machines. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St Joseph, Michigan.
- 161-Starke Ayres. 2014. Sweet and hot-pepper-production-guideline. https://www.starkeyayres.co.za/com_variety_docs.
- 162-Sweat, K.G., Broatch, J., Borrer, C., Hagan, K. and Cahill, T.M. 2016. Variability in capsaicinoid content and Scoville heat ratings of commercially grown Jalapeño, Habanero and Bhut Jolokia peppers. Food chemistry, 210, pp.606-612.

- 163- Valero, D., Zapata, P.J., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. and Serrano, M. 2014. Pre-harvest treatments of pepper plants with nitrophenolates increase crop yield and enhance nutritive and bioactive compounds in fruits at harvest and during storage. Food Science and Technology International. 20: 265-274.
- 164- Villalon, B. 1986. Tambel-2 bell pepper. HortScience 21:328.
- 165- Wang, D., Bosland, P.W. 2006. The genes of Capsicum. HortScience 41(5):1169–1187.
- 166- Waterer, D. 2003. Yields and economics of high tunnels for production of warm-season vegetable crops. HortTechnology, 13(2), pp.339-343.
- 167- Wubs, A.M., Heuvelink, E. and Marcelis, L.F.M. 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): a review. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84(5), pp.467-475.
- 168- Yang, C.J., B.J. Chen, J.G. Liu and S. Li .2008. Study on the superiority of hybrid breeding by male sterility in hot pepper. J. China Capsicum 1: 36–38.
- 169- Yu, I.W. 1985. Inheritance of cytoplasmic male sterility in pepper (*Capsicum annuum* L.). M.Sc. Thesis, Kyung Hee University, Seoul, South Korea, p. 43.
- 170- Yuen, C.M.C., Hoffman, H. 1993. New capsicum varieties: storage suitability and consumer preference. Food Australia 45:184–187.
- 171- Zatykó, L. 2006. Pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding methods at the turn of the century. Acta Agronomica Hungarica, 54(2), 179-202.
- 172- Zatykó, L., Sasvári, M. 1992. Moderation of the negative correlation between size and growth rate in new pepper varieties for consumption. Capsicum Newsletter (Special Issue). VIII. Eucarpia Meeting, Genetics and Breeding on Capsicum and Eggplant. Rome. pp. 100–105.
- 173- Zewdie, Y., Bosland, P. 2000. Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* x *C. chinense*. J Am Soc Hortic Sci 125(4):448–453.
- 174- Zewdie, Y. and Bosland, P.W. 2001. Capsaicinoid profiles are not good chemotaxonomic indicators for *Capsicum* species. Biochemical Systematics and Ecology 29, 161-169.
- 175- Zewdie, Y., Bosland, P.W. and Steiner, R. 2001. Combining ability and heterosis for capsaicinoids in *Capsicum pubescens*. HortScience, 36(7):1315-1317.

176- Zhang, H.X., Ali, M., Feng, X.H., Jin, J.H., Huang, L.J., Khan, A., Lv, J.G., Gao, S.Y., Luo, D.X. and Gong, Z.H. 2019. A Novel Transcription Factor CaSBP12 Gene Negatively Regulates the Defense Response against *Phytophthora capsici* in Pepper (*Capsicum annuum* L.). International journal of molecular sciences, 20(1), p.48.