فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۶

مقدمه ۶

۱-۱ کلیات ۶

۱-۲ اهداف تحقیق ۸

فصل دوم ۱۰

بررسی منابع ۱۰

۲-۱ سیب‌زمینی ۱۰

۲-۱-۱ گیاه‌شناسی سیب‌زمینی ۱۰

۲-۱-۲ ترکیبات سیب‌زمینی و موارد استفاده از آن‌ها ۱۱

۲-۱-۳ تنوع ارقام سیب‌زمینی ۱۳

۲-۱-۴ رویکردهای مدیریت بیماری‌های سیب‌زمینی ۱۴

۲-۲ باکتری جرب‌معمولی سیب‌زمینی *Streptomyces scabies* ۱۴

۲-۲-۱ پیشینه بیماری جرب‌معمولی در دنیا ۱۴

۲-۲-۲ عامل بیماری ۱۵

۲-۲-۳ دامنه میزبانی ۱۵

۲-۲-۴ نحوه ورود بیمارگر ۱۶

۲-۲-۵ سیکل (چرخه) بیماری ۱۶

۲-۲-۶ علائم بیماری ۱۸

۲-۲-۷ طول عمر پاتوژن در خاک ۱۸

۲-۲-۸ ناقلین پاتوژن ۱۹

۲-۳ خصوصیات باکتری‌شناسی ۱۹

۲-۳-۱ خصوصیات باکتری‌شناسی جنس *Streptomyces* ۱۹

۲-۳-۲ خصوصیات باکتری‌شناسی گونه‌های *Streptomyces* ۲۰

۲-۳-۳ خصوصیات گونه *S. scabies* ۲۱

۲-۴ مکانیسم بیماری‌زایی باکتری *Streptomyces scabies* ۲۲

۲-۴-۱ سیگنال‌های بیماری‌زایی ۲۲

۲-۴-۲ هضم موم‌های محافظ ۲۲

۲-۴-۳ تولید تاکستومین ۲۳

۲-۴-۴ میسلیوم‌های هوایی بیماری‌زا ۲۴

۲-۴-۵ وجود آنزیم‌ها و ترکیبات بیماری‌زا ۲۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۴-۶ ژن‌های درگیر در بیماری‌زایی ۲۴
۲-۴-۷ مسیر اصلی بیماری‌زایی در*S. scabies* و دیگر ویرولانس‌ها..... ۲۶
۲-۵ مدیریت بیماری جرب‌معمولی سیب‌زمینی ۲۷
۲-۵-۱ حفظ رطوبت خاک ۲۷
۲-۵-۲ کاهش PH خاک ۲۸
۲-۵-۳ تناوب زراعی و کود سبز ۲۹
۲-۵-۴ کنترل بیولوژیک ۳۰
۲-۵-۵ درمان غده‌ها ۳۰
۲-۵-۶ درمان خاک..... ۳۱
۲-۵-۷ مقاومت ارقام ۳۲
۲-۵-۷-۱ مواد مومی محافظ (سوبرین و کوتین)..... ۳۲
۲-۵-۷-۲ ساختمان منافذ طبیعی..... ۳۲
۲-۵-۷-۳ حصارهای دفاعی داخلی..... ۳۲
۲-۵-۷-۴ مکانیسم‌های دفاعی در ارقام مقاوم ۳۳
فصل سوم ۳۷
۳-۱ جداسازی و شناسایی عامل بیماری..... ۳۷
۳-۱-۱ نمونه‌برداری ۳۷
۳-۱-۲ جداسازی و خالص سازی عامل بیماری ۳۷
۳-۱-۳ شناسایی باکتری..... ۳۸
۳-۱-۳-۱ آزمون‌های فنوتیپی و بیوشیمیایی ۳۸
۳-۱-۳-۲ آزمون‌های بیماری‌زایی ۳۹
۳-۱-۴ تهیه ماده تلقیح باکتریایی..... ۴۰
۳-۲ تهیه گیاهان و انجام آزمایش ۴۰
۳-۲-۱ تهیه بذر ارقام برای انجام بررسی ۴۰
۳-۲-۲ انجام آزمایش: ۴۰
۳-۲-۳ اندازه‌گیری شاخص‌ها ۴۱
۳-۲-۳-۱- شاخص‌های رشدی و عملکردی ۴۱
۳-۲-۳-۲- شاخص‌های کیفی ۴۱
۳-۲-۳-۳ شاخص‌های بیماری‌زایی..... ۴۱
فصل چهارم ۴۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۱ جداسازی و شناسایی باکتری ۴۳
۴-۱-۱ بیماری‌زایی روی گیاه تربچه: ۴۳
۴-۱-۲- بیماری‌زایی روی سیب‌زمینی: ۴۴
۴-۱-۳- شناسایی باکتری *Streptomyces scabies* ۴۵
۴-۲ عکس‌العمل ارقام مختلف سیب‌زمینی در مقابل آلودگی باکتری عامل جرب‌معمولی ۴۷
۴-۲-۱ شاخص‌های کمی ۴۷
۴-۲-۲- شاخص‌های کیفی: ۵۰
۴-۲-۳ شاخص‌های بیماری‌زایی باکتری ۵۵
نتیجه‌گیری ۵۹
پیشنهادات ۶۰
فهرست منابع ۶۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ خصوصیات برخی ارقام سیب‌زمینی رایج در استان چهار محال و بختیاری.....۱۳
جدول۴-۱ خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تغذیه‌ای گونه‌ی معروف بیماری‌زایی *S. scabies*.۴۶
جدول۴-۲ تجزیه واریانس خصوصیات کمی ارقام مختلف سیب‌زمینی شاهد و مایه‌زنی شده با باکتری*S. scabies* .۴۸
جدول-۴-۳ مقایسه میانگین خصوصیات کمی اندام‌های هوایی ارقام مختلف سیب‌زمینی شاهد و مایه‌زنی شده با باکتری *S. scabies* ۴۸
جدول-۴-۴ مقایسه میانگین خصوصیات کمی ریشه ارقام مختلف سیب‌زمینی شاهد و مایه‌زنی شده با باکتری *S. scabies*.....۴۹
جدول-۴-۵ تجزیه واریانس وزن غده در ارقام مختلف سیب‌زمینی شاهد و مایه‌زنی شده با باکتری *S. scabies*.....۵۰
جدول۴-۶ تجزیه واریانس ویژگی‌های کیفی ارقام مختلف سیب‌زمینی مایه زنی شده با *S. scabies*.....۵۱
جدول ۴-۷ مقایسه میانگین دانسیته و درصد ماده‌خشک موجود در غدد ارقام مختلف سیب‌زمینی شاهد و مایه زنی شده با باکتری *S. scabies* ۵۱
جدول-۴-۸ تجزیه واریانس علائم اسکب و درصد غده‌های آلوده ناشی از *S. scabies* در ارقام مختلف سیب‌زمینی ..۵۶
جدول-۴-۹ تجزیه واریانس تعداد باکتری‌های *S. scabies* موجود در یک گرم از خاک بستر کشت ارقام مختلف ۵۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱ چرخه بیماری‌زایی باکتری *Streptomyces scabie* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی ۱۷
شکل۲-۲ انواع علائم جرب‌معمولی روی غده‌های سیب‌زمینی در آفریقای‌جنوبی ۱۸
شکل ۲-۳ شکل A: ساختار شیمیایی تاکستومین A و شکل B: ساختار شیمیایی سلوبیوز ۲۲
شکل ۲-۴ آنالیز رونویسی ژن‌های ویرولانسی در باکتری *S. turgidiscabie*..... ۲۵
شکل۲-۵ مسیر بیماری‌زایی در باکتری *S. scabies* و دیگر ویرولانس‌ها ۲۶
شکل ۴-۱ تست بیماری‌زایی گیاه تربچه ۴۴
شکل ۴-۲ تست بیماری‌زایی سیب‌زمینی ۴۴
شکل ۴-۳ شکل کلنی جدایه انتخاب شده باکتری *S. scabies*.برای آزمایشات بیماری‌زایی و بیوشیمیایی..... ۴۵
شکل ۴-۴ تاثیر باکتری عامل جرب‌معمولی *S. scabies* بر وزن غده (عملکرد) در ارقام مختلف سیب‌زمینی ۵۰
شکل ۴–۵ تاثیر باکتری عامل جرب معمولی *S. scabies* برمیزان نشاسته در ارقام مختلف سیبزمینی ۵۳
شکل ۴–۶ تاثیر باکتری عامل جرب معمولی *S. scabies* بر قندهای ارقام مختلف سیب‌زمینی..... ۵۴
شکل-۴-۷ درصد علائم اسکب جرب‌معمولی و درصد غده‌های آلوده ناشی از *S scabies* در ارقام مختلف سیب‌زمینی مایه‌زنی شده با باکتری ۵۶
شکل-۴-۸ مقایسه میانگین جمعیت باکتری‌های *S. scabies* موجود در یک گرم از خاک بستر کشت ارقام مختلف ۵۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ کلیات

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به علت ارزش بالای مواد غذایی ذخیره‌ای و تنوع ترکیبات موجود در آن یکی از مواد مهم غذایی به ویژه جهت تغذیه‌ی مردم کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. میزان افزایش تولید آن نیز نسبت به دیگر فرآورده‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده است. از نظر میزان تولید در جهان، مقام چهارم را بعد از گندم، ذرت و برنج به خود اختصاص داده است. نشاسته ترکیب اصلی و مهم سیب‌زمینی می‌باشد که ۱۷ تا ۲۱ درصد از وزن تازه سیب‌زمینی و حدود ۸۰٪ ماده‌خشک آن را تشکیل می‌دهد. نشاسته به عنوان اندوخته غذایی بسیاری از گیاهان محسوب می‌شود و گرانول‌های نشاسته در اصل بسته‌های فشرده‌ای از پلیمرهای گلوکز محسوب می‌شوند. از سیب‌زمینی علاوه بر نشاسته، محصولات جانبی زیادی تهیه می‌شود که هر یک در سبد غذایی خانواده جایگاه ویژه‌ای داشته و از ارزش غذایی بالایی برخوردارند (کائور و همکاران ۲۰۰۲).

مبدا و منشا سیب‌زمینی از آمریکای جنوبی و مرکزی است، ارتفاعات آند، بولیوی، پرو و شیلی اولین مناطقی بودند که سیب‌زمینی در آنها کشت می‌شده است، سیب‌زمینی برای اولین بار توسط اسپانیائی‌ها به اروپا آورده شد و از طریق اسپانیا و ایرلند به سایر قسمت‌های آن نیز راه یافت. نخستین بار در اواسط قرن هفدهم در ایرلند به عنوان یک گیاه زراعی کاشته شد و در اواسط قرن نوزدهم کاشت آن در آلمان آغاز شد، سیب‌زمینی برای اولین بار در زمان فتحعلی شاه قاجار توسط سرجان ملکم وارد ایران گردید و در نواحی کرج،

دماوند و فریدن اصفهان کشت شد، وتا مدتها به نام آلوی ملکم خوانده می‌شد، نام رایج فعلی خود از نام فرانسوی آن است که به طور لفظی به معنای سیب‌زمینی می‌باشد (ربیعی، ۱۳۷۶)

معمولاً به علت قدرت تولید بالا و سازگاری این محصول با دامنه بسیار وسیعی از اقلیم‌ها، تولید آن رو به افزایش است. سطح زیر کشت این گیاه نزدیک به ۲۲ میلیون هکتار است که قسمت اعظم آن در آسیاست و کشورهای روسیه، چین، لهستان، اوکراین و هند بیشترین سطح کشت را دارند (فائو، ۲۰۰۹). این محصول از جایگاه ویژه‌ای در کشورمان برخوردار است، به طوری که از میان ۱۴۰ کشور که هر ساله اقدام به تولید این محصول می‌کنند، ایران رتبه سیزدهم جهانی را داراست. درحال حاضر این گیاه زراعی در۵۰ درجه عرض شمال و جنوبی و در شرایط آب وهوایی نیمه گرم، گرم، معتدل و سرد حتی در ارتفاعات بیش از۴۰۰۰ متر از سطح دریا کشت می‌شود (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹).

سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران در سال ۱۳۶۱ حدود ۸۵ هزار هکتار با میانگین عملکرد حدود ۱۰ تن در هکتار تخمین زده شده است. سطح کشت آن در سال ۸۱ در حدود ۱۶۶ هزار هکتار بوده است. میزان تولید جهانی آن در سال ۲۰۱۲ میلادی ۶۲۵ میلیون تن بوده است. همچنین بر اساس آمار فائو (۲۰۱۲) این محصول با سطح زیر کشتی معادل با ۱۸۰ هزار هکتار و میزان تولید کل حدود ۵ میلیون تن، از نظر میزان تولید، بعد از گندم و جو در جایگاه سوم محصولات مهم ایران قرار می‌گیرد (فائو، ۲۰۱۲).

در ایران در سال زراعی ۸۵-۸۴، سطح زیر کشت این محصول حدود ۱۶۴ هزار هکتار با میانگین تولید ۲۶۱۹۷ کیلوگرم در هکتار (برای مزارع آبی) و میزان تولید کل تقریبی ۴۲۲۰۰۰۰ تن بوده است. مصرف سرانه آن در سال حدود ۵۲ کیلوگرم بوده است. و در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در حدود ۱۷۷ هزار هکتار برآورد شده که استان‌های همدان، اصفهان، اردبیل، کردستان و مرکزی به ترتیب مقام‌های اول تاچهارم را به خود اختصاص داده‌اند. میزان تولید سیب‌زمینی درکشور۴/۷۱ میلیون تن گزارش شده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۷).

بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۸۹-۱۳۸۸، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران حدود ۱۷۳ هزار هکتار می‌باشد که ۵۰/۹۸ ٪ آن آبی و بقیه دیم بوده است. متوسط عملکرد در هکتار سیب‌زمینی آبی در کل کشور ۲۴۴۹۳ کیلوگرم و متوسط عملکرد دیم ۱۱۸۴۳ کیلوگرم است. بیشترین و کمترین بازده تولید در استان‌های همدان و قم به ترتیب با ۳۱۷۸۲ کیلوگرم و ۸۲۸۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. و استان همدان با ۱۴/۷۸ درصد از تولید سیب‌زمینی کشور، مقام اول را به خود اختصاص داده است، و استان‌های اردبیل، اصفهان، کردستان، آذربایجان‌شرقی به ترتیب با ۱۳/۹۴، ۱۲/۱۵، ۶/۹۶، ۶/۸ درصد سهم، در تولید سیب‌زمینی رتبه‌های دوم تا پنجم را کسب کرده‌اند. پنج استان مذبور جمعا ۳۹/۸۵ درصد تولید سیب‌زمینی کشور را به خود اختصاص داده‌اند (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹). سطح زیر کشت این محصول در استان چهارمحال و بختیاری ۴۴۶۱ هکتار با تولید ۱۱۵۱۵۹ تن محصول در سال می‌باشد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹).

عوامل بیماری‌زایی گیاهی (قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها، ویروئیدها، مایکوپلاسما، نماتدها) از مهم‌ترین عواملی هستند که باعث کاهش راندمان تولید سیب‌زمینی و کیفیت آن می‌شوند. با شناخت صحیح این بیماری‌ها و با به کارگیری روش‌های پیشگیری و مبارزه می‌توان از خسارت آن تا حد زیادی جلوگیری به عمل آورد. میزان خسارت باکتری‌ها روی سیب‌زمینی در مقایسه با سایر بیماری‌ها بیشتر و از اهمیت خاصی

برخوردار است. حداقل شش بیماری باکتریایی به شدت سیب‌زمینی را آلوده کرده و موجب کاهش محصول می‌گردند، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پژمردگی باکتریایی، پوسیدگی نرم، ساق سیاه و جرب‌معمولی اشاره نمود (گوتو، ۱۹۹۲).

کلیه اعضای جنس باکتری *Streptomyces*، گرم مثبت، هوازی، رشته‌ای و خاکزی می‌باشد. این بیماری انتشار جهانی دارد و مهترین عامل بیماری مربوط به جنس *Streptomyces scabies* می‌باشد. علائم بیماری عمدتاً روی اندام‌های زیرزمینی به‌ویژه غده‌ها، به اشکال مختلف برجسته (Erumpent scab)، فرورفته (Deep-pitted)، سطحی (Cork scab or superficial scab) و زنگاری (Russet scab) ظاهر می‌شود (هوساکی و همکاران، ۲۰۰۰).

اولین علائم بیماری اغلب به صورت نکروز شدن محل آلودگی و سپس به صورت زخم‌های کوچک برجسته بر روی اندام‌های زیرزمینی در اطراف عدسک‌ها یا فرورفتگی‌های نکروز به عمق (۱۰-۸) میلی‌متر در بافت‌های غده ظاهر می‌شود. *S. scabies* با شدت بیماری‌زایی شدید و خفیف به ترتیب زخم‌های عمیق و سطحی روی غده ایجاد می‌کند (خداکرمیان و همکاران، ۱۳۸۲).

هر چند بیماری باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول نیز می‌گردد، ولی اهمیت آن بیشتر به دلیل کاهش بازارپسندی محصول، ناشی از علائم بیماری روی غده‌ها می‌باشد (الساوی و سزابو، ۱۹۷۹)؛ عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی دارای دامنه میزبانی نسبتا وسیعی می‌باشد، این پاتوژن علاوه بر سیب‌زمینی به گیاهان غده‌ای دیگری نیز حمله می‌نماید (لینر و همکاران، ۱۹۹۶).

گونه‌های متعلق به این جنس بیشتر به دلیل تولید مواد متابولیکی ثانویه، خصوصا آنتی‌بیوتیک‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (فاچر و همکاران، ۱۹۹۲). امروزه برای طبقه‌بندی و تشخیص جدایه‌های *Streptomyces* از خصوصیات مورفولوژیک و بیوشیمایی استفاده می‌شود. جدایه‌های *Streptomyces* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی، از نظر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و فیلوژنتیکی تنوع زیادی دارند و بسیاری از جدایه‌ها با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، توالی بازهای آلی ژن 16srRNA و آنالیز اسیدهای چرب سلولی قابل تفکیک می‌باشند (خداکرمیان و همکاران، ۱۳۸۲).

۱-۲ اهداف تحقیق

بیماری جرب‌معمولی، در سال‌های اخیر، در اکثر نقاط سیب‌زمینی‌کاری استان چهارمحال و بختیاری مشاهده شده است. شدت علائم بیماری در بعضی از نمونه‌های ارائه‌شده به آزمایشگاه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی بالا بوده و به صورت یکی از مسائل عمده کشت و انبارداری سیب‌زمینی استان مطرح شده است. هر چند بیماری از مناطق مختلف دنیا و ایران گزارش شده است، ولی هنوز روش قاطعی برای کنترل بیماری در شرایط مختلف ارائه نشده است. با وجود این که خصوصیات ژنتیکی پاتوژن، زمان ابتلا و شرایط محیطی از عوامل مهم در شدت بروز علائم جرب‌معمولی هستند، ولی میزان حساسیت یا مقاومت رقم سیب‌زمینی نیز عامل مهمی در بروز بیماری و شدت آن محسوب می‌شود (کاتلین و همکاران، ۲۰۱۰).

بررسی‌های اولیه در مورد شدت بیماری روی ارقام مختلف سیب‌زمینی نشان داده است که حساسیت بعضی از ارقام همچون اگریا و مارفونا نسبت به ارقام دیگر بیشتر می‌باشد (عینی و همکاران، ۱۳۸۲)، بنابراین لحاظ‌کردن تفاوت حساسیت ارقام در کنترل بیماری منطقی به نظر می‌رسد.

از طرف دیگر هیچ یک از روش‌های مدیریتی موجود به تنهایی قادر به کنترل بیماری نمی‌باشند، به همین علت بعضی از محققین مبارزه تلفیقی، از طریق تنظیم رطوبت و اسیدیته خاک، تناوب کاشت، استفاده از ارقام مقاوم و انجام مبارزه شیمیایی مناسب را در کنترل نسبی بیماری موثر دانسته‌اند (گوس، ۲۰۰۶).

بنابراین استفاده از ارقام مقاوم بعنوان یکی از روش‌های بنیادی در مدیریت بیماری اسکب می‌باشد که از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی حساسیت ارقام مختلف و پیداکردن رابطه شدت بیماری با خصوصیات رشد و نموی یا زراعی رقم و تحمل آن به بیماری و تاثیر مقاومت ارقام بر کاهش تراکم جمعیت این باکتری در خاک است.

فصل دوم

بررسی منابع

سیب‌زمینی یکی از محصولات کشاورزی، با ارزش غذایی بالا در دنیا است، واسکب یا جرب‌معمولی از بیماری‌های مهم و دیگر محصولات ریشه‌ای و غده‌ای می‌باشد، که بر کمیت و کیفیت و ارزش این محصول اثر گذاشته و باعث کاهش بازارپسندی آن می‌گردد، اما تاکنون هیچ یک از رویکردهای مدیریتی به تنهایی قادر به کنترل این بیماری نبوده‌اند، لذا مبارزه تلفیقی، از طریق تنظیم رطوبت و اسیدیته خاک، تناوب کاشت، استفاده از ارقام مقاوم و انجام مبارزه شیمیایی مناسب در کنترل نسبی بیماری موثر بوده اند.

۲-۱ سیب‌زمینی

۲-۱-۱ گیاه‌شناسی سیب‌زمینی

سیب‌زمینی گیاهی یک ساله با نام علمی (*Solanum tuberosum* L.) از تیره گوجه‌فرنگی (*Solanum*) خودگشن و آتوتتراپلوئید با ۴۸ کروموزوم می‌باشد. غده‌ی سیب‌زمینی قسمت مورد استفاده این گیاه است. این گیاه به صورت بوته‌ای علفی با یک تا چند ساقه اصلی و معمولا به فرم ایستاده رشد می‌کند. طول رشد گیاه به رقم و شرایط تولید بستگی دارد. غده سیب‌زمینی از تجمع مواد غذایی در ناحیه انتهایی ساقه و رشد آن بوجود می‌آید. بنابراین غده سیب‌زمینی یک ساقه تغییر شکل یافته با میان گره‌های کوتاه و متورم است. گره‌های ساقه در روی غده با فیلوتاکسی مارپیچ بصورت مکانهای فرورفته‌ای بنام چشم دیده می‌شود. جوانه‌های موجود در هر چشم به خودی‌خود یک ساقه بوده که به نوبه خود دارای جوانه‌های جانبی می‌باشد، بنابراین از هر چشم می‌تواند ۱-۳ و گاه تعداد بیشتری ساقه هوائی بوجود آید.

طول دوران استراحت و خواب و جوانه‌زنی گیاه تحت کنترل هورمون‌ها بوده، هورمون‌های اسیدآبسزیک و مالئیک‌هیدرازید از جوانه‌زنی غده جلوگیری می‌کنند. در غده‌های بذری، در هر گره ساقه اصلی چندین ریشه

کم قطر بوجود می‌آید. ریشه‌ها روی ساقه اصلی و در ناحیه نزدیک به غده مادری می‌باشند که به دلیل عدم رشد میان‌گره‌ها، بصورت متراکم دیده می‌شوند.

ریشه‌ها بصورت مطبق از روی ساقه‌های اصلی منشأ یافته و از اعماق مختلف خاک به جذب مواد غذایی می‌پردازند. قسمت اعظم ریشه‌ها پس از سبزشدن بخوبی در خاک گسترش می‌یابند، اما توسعه ریشه به دلیل انتقال مواد غذایی از قسمت‌های هوائی به اندام‌های زیرزمینی و در صورت عدم محدودیت‌های رشدی دیگر، به طور معمول تا اواخر دوره رشد ادامه دارد.

برگ‌ها با فیلوتاکسی مارپیچی در روی ساقه آرایش یافته و این برگ‌های هوائی (رویشی) کرک‌دار و مرکب با یک برگچه در انتهای رگبرگ اصلی و برگچه‌های کوچک اضافی نامنظم در بین تعداد زیادی برگچه‌های معمولی با اندازه‌های متفاوت قرار دارند. برگ‌های واقع در روی بخش زیرزمینی ساقه هوائی و نیز روی استولون‌ها بصورت فلسی می‌باشند. ساقه‌هایی بوجود آمده از گره‌ها، دارای برگ‌های فلسی و میان گره‌های کوتاه هستند که این ساقه‌ها از نظر ریخت‌شناسی ریزوم نامیده می‌شوند.

غده‌بندی و رشد غده تحت تأثیر عوامل محیطی و گیاهی قرار دارد، و به طور کلی عواملی که موجب فراوانی مواد فتوسنتزی و حرکت کربوهیدرات‌های محلول به سمت انتهای استولون و فعالیت آنزیم‌های نشاسته گردند موجب تحریک رشد و غده‌بندی می‌شوند. نیتروژن نقش پیچیده‌ای در شروع غده‌بندی و رشد غده دارد، کمبود مقدار نیتروژن سبب کاهش رشد غده و فراوانی آن موجب تحریک رشد اندام‌های هوائی و به تأخیر انداختن رشد غدد می‌شود.

حجم اصلی غده، مغز می‌باشد که از سلولهای پارانشیمی تشکیل شده است. در اطراف مغز، لایه سلول‌های پارانشیمی وجود دارد که پوست یا کورتکس نامیده می‌شود و در اطراف پوست لایه‌ای از بافت چوب‌پنبه‌ای به نام پوسته یا پریدرم قرار دارد. نشاسته در سلول‌های پارانشیمی ذخیره شده و معمولا ۲۵تا ۱۵ ٪ و حداکثر تا ۳۵ ٪ وزن تر غده را تشکیل می‌دهد. پروتئین بصورت کریستال‌های مکعبی شکل در سلول‌های پارانشیمی کورتکس وجود دارد. پوسته یا پریدرم سیب‌زمینی که نقش حفاظت از غده را برعهده دارد معمولا به رنگ قهوه‌ای بوده و یا ممکن است حاوی آنتی‌سیانین باشد که با نفوذ این ماده رنگی به داخل کورتکس سبب قرمز شدن پوسته سیب‌زمینی، و مقاوم شدن آن در برابر بسیاری از عوامل بیماری‌زا شود.

عدسک‌ها بر روی پوست چوب‌پنبه‌ای مشاهده می‌شوند، و هنگامی که غده زخمی می‌شود روی زخم نیز بافت چوب‌پنبه‌ای بوجود می‌آید تا غده را در مقابل نفوذ میکروارگانیسم‌ها محافظت نماید (خانی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۱-۲ ترکیبات سیب‌زمینی و موارد استفاده از آن‌ها

سیب‌زمینی، تنها عضوی از خانواده سولاناسه است که به علت داشتن ارزش غذایی بالا از نظر کشاورزی اهمیت برجسته‌ای پیدا کرده است، و بعد از غلات منبع اصلی کربوهیدرات را تشکیل می‌دهد. غده سیب‌زمینی شامل ۷۷/۸٪ آب، ۲/۱٪ پروتئین، ۰/۱ ٪ چربی، ۰/۵ ٪ سلولز، ۱۸/۵٪ نشاسته و قند، ۱٪ مواد معدنی و ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ویتامین ث است (یقبانی و همکاران، ۱۳۸۴). پتانسیل تولید ماده‌خشک روزانه سیب‌زمینی در واحد سطح بالاتر از سایر محصولات کشاورزی است. میزان ماده‌خشک سیب‌زمینی شاخص مهمی از کیفیت می‌باشد به طوری که در صنایع تبدیلی راندمان تولید محصول بر حسب وزن تازه، از

غده‌هایی که میزان مواد جامد بیشتری دارند به دست می‌آید. مواد خشک غده از اجسام گوناگون محلول و غیر محلول در آب تشکیل می‌شود (یقبانی و همکاران،۱۳۸۴).

اصلی‌ترین و مهم‌ترین ترکیب سیب‌زمینی، نشاسته ($C_6H_{12}O_5$) می‌باشد؛ نشاسته یک کربوهیدارت کمپلکس و نامحلول در آب است، که از α-D-گلوکو-پیرانوز با درجه پلیمریزاسیون بالا تشکیل می‌شود، و به نسبت‌های مختلف در تمام اندام‌های رویشی گیاه وجود دارد. این ترکیب به مقدار زیاد به شکل گرانول در غده‌ها و حتی در آندودرم ساقه‌های چوبی گیاه وجود دارد (لوئی، ۲۰۰۳). در عملیات استخراج نفت و حفاری‌ها از نشاسته سیب‌زمینی به دلیل بزرگتر بودن اندازه گرانول، به عنوان گل حفاری استفاده می‌شود (عین افشار، ۱۳۷۹). در داروسازی از نشاسته برای تولید پماد هیدروفیل، برای ترمیم پوست بعد از جراحی، و در صنعت، برای تهیه اتانول، بوتانول، استون و اسیدلاکتیک و در صنعت نساجی، صنایع غذایی و در آزمایشگاه نیز استفاده می‌شود (پشین و همکاران، ۲۰۰۱).

اما یکی از فرآیندهایی که نشاسته سیب‌زمینی را تحلیل داده و موجب کاهش کیفیت این محصول می‌شود، تبدیل نشاسته به قندهای احیاءکننده است، قندهای احیاءکننده (D-گلوکز و D-فروکتوز) قندهایی هستند که در آنها یک گروه آلدهید یا کتون آزاد وجود دارد که به آنها خاصیت احیاءکنندگی می‌دهد (حسینی، ۱۳۷۳). در غده‌های سیب‌زمینی در طی دوره‌ی انبارداری و یا آلودگی با سایر عوامل بیماری‌زا، نشاسته به تدریج هیدرولیز شده و به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌شود. گلوکز یک قند احیاءکننده است و همانند یک آلدهید عمل می‌کند و مشابه تمام آلدهیدها به آسانی به اسید مربوطه اکسید می‌شود، که این عمل کاهندگی مبنای بسیاری از آزمایشات برای اندازه‌گیری مقدار گلوکز و سایر قندهای کاهنده قرار گرفته است (زندی، ۱۳۶۸).

اختلاف ارقام مختلف از نظر شیرین شدن غده در دمای پایین را می‌توان از طریق اختلاف بین ارقام از نظر فعالیت آنزیم در دمای پایین توجیه کرد. در فرآیند تجمع قندهای احیاءکننده در غده‌های سیب‌زمینی، دو آنزیم حساس به دمای پایین، فسفوفروکتوکناز و فسفوفروکتوفسفوترانسفراز نقش مهمتری دارند (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). تبدیل شدن نشاسته به قند در طی واکنش میلارد اتفاق می‌افتد، که یک واکنش برگشت‌پذیر است و این فرآیند تحت عنوان مهیاسازی مجدد نام‌گذاری شده است (ناپریندر و همکاران، ۲۰۰۳).

وجود انواع ویتامین‌ها به ویژه ویتامین ث (به میزان ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) همراه با دیگر املاح و پروتین‌ها در سیب‌زمینی، مصرف آن را به عنوان یک ماده غذایی با ارزش در جهان رایج کرده است، به طوری که ۲/۵ ٪ انرژی مصرف روزانه جمعیت جهان از سیب‌زمینی تامین می‌شود. ماده‌ی دیگری در پوست و زیر پوست سیب‌زمینی به نام سولانین وجود دارد، که یک ماده‌ی سمی می‌باشد، و میزان مجاز آن ۰/۲ mg/g می‌باشد، اما هنگامی که سیب‌زمینی در معرض نور قرار می‌گیرد، این میزان می‌تواند تا ۱mg/g افزایش یافته و خوردن آن ممکن است ایجاد مسمومیت کند. سولانین اغلب در پوست و حداکثر تا ۳ میلی‌متر زیر پوست تجمع می‌یابد. مقدار این ماده در ارقام مختلف به نسبت‌های متفاوت می‌باشد (فریدمان، ۲۰۰۴).

۲-۱-۳ تنوع ارقام سیب‌زمینی

سیب‌زمینی از خانواده سولاناسه گیاهی است که با موجودبودن تعداد زیادی از ارقام آن در دنیا می‌توان از هر یک در جای مناسب خود استفاده نمود. برای شناخت بیشتر می‌توان ارقام مختلف سیب‌زمینی را از جنبه‌های مختلف گروه‌بندی استفاده نمود.

۱-ارقام سیب‌زمینی از نظر نوع مصرف:

الف- تازه خوری، ب- خوراک دام، ج- صنعتی.

۲-ارقام سیب‌زمینی از نظر طول دوره رشد:

الف-ارقام زودرس، ب-ارقام میان‌رس، ج-ارقام دیررس و نیمه‌دیررس.

۳-ارقام سیب‌زمینی از نظر خصوصیات کمی و کیفی:

در ارقام مختلف از نظر نوع عدسک‌ها (اندازه، تعداد و عمق آنها در گیاه)، نوع جوانه‌زنی، ضخامت پریدرم، رنگ پوست و گوشت، شکل و اندازه غده، پوشش پریدرم (موم‌های سطحی، بافت چوب‌پنبه‌ای)، میزان کربوهیدرات‌ها و ترکیبات درونی گیاه از جمله ماده‌خشک و نشاسته و قندهای محلول (گلوکز و فروکتوز) تفاوت وجود دارد. لازم به ذکر است که تفاوت در هر یک از فاکتورهای مذکور در ارقام مختلف سیب‌زمینی، باعث تفاوت در پاسخ گیاه به سایر عوامل طبیعی و پاتوژنیکی می‌شود(کاشی، ۱۳۷۶).. در جدول (۲-۱) نام برخی ارقام سیب‌زمینی غالب کشت شده در استان چهارمحال و بختیاری نشان داده شده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹).

جدول ۲-۱ خصوصیات برخی ارقام سیب‌زمینی رایج در استان چهار محال و بختیاری

نام رقم	دوره رشد	نوع مصرف	رنگ پوست	وضعیت چشم‌ها
مارفونا	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری	زرد	متوسط
اگریا	نیمه‌زودرس	فرنچ فرایز	زرد روشن	سطحی
ساتینا	نیمه‌دیررس	تازه‌خوری و فرنچ فرایز	زرد روشن	کم عمق
سانته	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری و چیپس خوب	زرد	عمیق
امراد	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری	زرد	کم عمق
میلوا	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری	زرد	عمیق
آرینداا	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری و خلال	زرد روشن	کم عمق
بورن	میان رس	تازه‌خوری	کرم	کم عمق
بامبا	نیمه‌زودرس	تازه‌خوری	زرد	کم عمق

۲-۱-۴ رویکردهای مدیریت بیماری‌های سیب‌زمینی

گیاه سیب‌زمینی میزبان بسیاری از بیماری‌های گیاهی از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، ویروئیدها وفیتوپلاسماها می‌باشد. این بیمارگرها می‌توانند اندام‌های سیب‌زمینی را در طول دوران رشد سیب‌زمینی مورد حمله قرار دهند. شرایط نامساعد محیطی و بعضی از شرایط خاص زراعی نیز می‌تواند روی سلامتی گیاه و کیفیت محصول آن اثر منفی داشته باشد، کنترل بیمارگر و اجتناب از شرایط تشدیدکننده بیماری یکی از اهداف مهم مراکز تولید تجاری سیب‌زمینی می‌باشد. به علت بالا بودن ارزش نسبی محصول سیب‌زمینی، مدیریت بیماری‌ها و داشتن اطلاعات اساسی در ارتباط با علائم و آسیب‌شناسی بیماری‌های سیب‌زمینی و توانایی کاهش محصول توسط بیمارگر جهت کنترل آن ضروری می‌باشد (خانی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۲ باکتری جرب‌معمولی سیب‌زمینی *Streptomyces scabies*

۲-۲-۱ پیشینه بیماری جرب‌معمولی در دنیا

بیماری جرب‌معمولی سیب‌زمینی نخستین بار در سال۱۸۲۵ در آمریکا دیده شد، ولی تا سال‌ها بعد عامل آن شناخته نشده بود (گوتو، ۱۹۹۲). در سال ۱۸۹۰ تاکستر عامل بیماری را *Oospora scabies* معرفی کرد، که قادر به تولید ملانین و ایجاد اسپورهای خاکستری روی زنجیره مارپیچی (Spiral) بود. ولی در سال ۱۹۱۴ توسط گوسو به *Actinomyces scabie* تغییر یافت. سرانجام واکسمن و همکاران در سال ۱۹۴۸ عامل بیماری جرب‌معمولی را *Streptomces scabies* نامیدند (لامبرت و لوریا،۱۹۸۹). در اوایل دهه ۱۹۶۰ عامل محدود کننده کشت و تولید سیب‌زمینی در جنوب فلسطین اشغالی *S. scabies* شناخته شد، که با تکنیک آبیاری به طور موفقیت‌آمیزی کنترل گردید (لپ‌وودد، ۱۹۷۳). در سال ۱۹۹۱ اسکب سیب‌زمینی در ردیف چهارمین بیماری زراعی مهم در آمریکای‌شمالی گزارش شد و بیشتر ارقام موجود در آن زمان به این بیماری حساس بودند (لوریا، ۱۹۹۷).

جرب‌عمیق حتی در مزارع تحت آبیاری مناسب، مشکلات زیادی ایجاد می‌کند. عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی از مزارعی با خاک‌های اسیدی نیز جدا شدند. عامل این نوع جرب‌معمولی، تحت عنوان گونه *S. acidiscabies* نام‌گذاری شده است (لامبرت و لوریا، ۱۹۸۹).

در ایران، نیز اولین بار کریمی در سال ۱۳۴۸ جدایه‌هایی از *Streptomyces* را از اقلید فارس گزارش کرد (عینی و همکاران، ۱۳۸۲). در سال ۱۳۷۹ خصوصیات فنوتیپی و دامنه میزبانی جدایه‌های *Streptomyces* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی در استان‌های همدان، خراسان و اصفهان و چهارمحال و بختیاری بررسی شد (عینی و همکاران، ۱۳۸۲). علاوه بر این، پراکنش و شناسایی گونه‌های *Streptomyces* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی بر اساس خصوصیات مورفولوژی، بیوشیمیایی، تغذیه‌ای و الگوی پروتئین در استان فارس طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ مورد مطالعه قرار گرفت (تقوی و فقیهی، ۱۳۸۵).

طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ نیز گونه‌های جنس *Streptomyces* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی در استان‌های سمنان، آذربایجان‌شرقی، اردبیل و کرمان بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و

بیولوژیکی شناسایی شدند (امتی و همکاران، ۱۳۸۵). در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ خصوصیات فنوتیپی و ژنوتیپی و همچنین خصوصیات بیماری‌زایی جدایه‌های *Streptomyces* عامل بیماری جرب‌معمولی در استان‌های فارس و همدان مورد بررسی قرار گرفت (حسنی و تقوی، ۱۳۸۹).

۲-۲-۲ عامل بیماری

بیماری جرب‌سیب‌زمینی و سایر گیاهان ریشه‌ای به وسیله *Streptomyces* ها ایجاد می‌شود. گونه‌های جنس *Streptomyces*، پروکاریوت‌هایی هوازی، رشته‌ای، گرم مثبت و متعلق به شاخه *Actinobacteria*، کلاس *Actinobacteria* ، زیرکلاس *Actinobacteridae* ، راسته *Actinomycetales*، زیرراسته *Streptomycineae*، خانواده *Streptomycetaceae* و جنس *Streptomyces* هستند.

کوتزنر (۱۹۸۱) خصوصیاتی چون میسیلیوم رویشی غیر بندبند و به شدت منشعب، دارای اتصالاتی بین ریسه‌های هوایی، وجود ۵ تا ۵۰ اسپور به صورت زنجیره‌ای در انتهای این ریسه‌های هوائی، دارای غلاف فیبری نازک، وجود ال،ال-دی آمینوپیمیلیک اسید با گلایسین در دیواره سلولی، و ۶۹ تا ۷۳ ٪ C+G در DNA را جزء ویژگی‌های کلیدی خانواده *Streptomycetaceae* شرح داده است.

بیشتر گونه‌های توصیف شده جنس *Streptomyces* ساپروفیت‌های خاکزی هستند و تعداد کمی از آنها باعث ایجاد بیماری روی قسمت‌های زیرزمینی گیاهان با ریشه ذخیره‌ای می‌شوند. شایع‌ترین این گونه‌ها عبارتند از(synonym *S. Scabies*) *S. scabiei*، *S. acidiscabies*، *S turgidiscabies*، *S. ipomoea*، که بر اساس چندین ویژگی از جمله ترادف 16S rDNA، همولوژی DNA-DNA، صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی از هم تفکیک می‌شوند (لامبرت و لوریا، ۱۹۸۹، هیلی و لامبرت ۱۹۹۱).

باکتری گروه اکتینومیست‌های ساپروفیت، هیف‌هایی تولید می‌کنند که ذرات خاک را به هم متصل نموده و بدین طریق در دانه‌بندی خاک ایفای نقش می‌کنند. دانه‌بندی باعث کاهش فرسایش و تهویه مناسب خاک می‌شود (لوبرای و همکاران، ۱۹۹۹)، اما بیشترین مطالعه روی گونه‌های بیماری‌زایی این باکتری، از جمله گونه *S. scabiei* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی (common scab) صورت گرفته است. هرچند *acidiscabies S* (جرب‌اسیدی) نیز باعث بیماری روی غده‌های سیب‌زمینی می‌شود، ولی علائم بیماری ایجادشده به وسیله این دو پاتوژن قابل تفکیک نیست، و هر دو گونه می‌تواند ریشه اصلی تربچه (*Raphanus sativus L.*) و شلغم (*Brassica rapa L.*) و دیگر گیاهان زراعی ریشه‌ای را آلوده سازند (لوریا و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۲-۳ دامنه میزبانی

گونه‌های بیماری‌زای *Streptomyces* دارای دامنه میزبانی وسیعی می‌باشند، این گونه‌ی باکتری علاوه بر سیب‌زمینی می‌تواند به گیاهانی که دارای ریشه زیرزمینی ذخیره‌ای هستند حمله نماید. تربچه (*Raphanus sativus*)، شلغم (*Brassica rapa* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris*)، کلم (*Brassica olerassica*)، بادمجان (*Solanum melonngena*)، پیاز (*Alium Cepa* L.) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) از دیگر میزبان‌های این باکتری می‌باشند (لینر و همکاران، ۱۹۹۶)

این باکتری از لوبیا، ریشه عدس (*Lens* sp.)، طالبی (*Cucumis melo cv. Reticulates*)، گوجه‌فرنگی (*Lycopercicum esculentum*)، ذرت (*Zea mays*)، هویج (*Daucus carota*)، شنگ (*Tragopogon porrifolius* L.)، تاج‌خروس (*Amaranthus* sp.) و سلمه‌تره (*Chenopodium* sp.) نیز، جدا شده است. تمام

این گیاهان علائم جرب را به طور تیپیک و مشخص از جمله تاول، افزایش جراحت یا آلودگی نشان می‌دهند و می‌توانند به عنوان یک منبع اینوکلوم در غیاب سیب‌زمینی به حساب آیند، ولی این باکتری از گندم (*Triticum aesivum*)، جو (*Hordeum vulgaris*)، خلر (*Lathyrus sp.*)، کلزا (*Brassica napus*) و یونجه (*Medicago sativa*) جداسازی نگردید (گویر و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۲-۴ نحوه ورود بیمارگر

مکانیسم ورورود پاتوژن اسکب به درون گیاه، با توجه به فیزیولوژی میزبان که در بخش ۲-۱-۱ مفصل به آن اشاره شده است، صورت می گیرد. در زمان شروع تشکیل غده‌ها، گره‌ها با طویل شدن از میان‌گره‌ها جدا می‌شوند و تشکیل پشت سر هم میان‌گره‌ها در نوک یک غده در حال رشد، که روزنه آنها به شکل عدسک‌های جوان توسعه می‌یابند، یک دوره حساس را طی می‌کنند. جوانترین میان‌گره‌ها (۱و۲) دارای روزنه هستند، و به آلودگی اسکب‌معمولی مقاوم هستند، و عدسک‌های جوان روی میان‌گره‌های ۳ تا ۵ با سلول‌هایی که توسط سوبرین (چوب‌پنبه) پر نشده‌اند بسیار حساس می‌باشند، از طرف دیگر، میان‌گره‌های مسن‌تر با عدسک‌های سوبرینی شده مقاوم‌تر می‌شوند. طی چند هفته اول رشد غده، میان‌گره‌های جدید (به تعداد دو تا در هفته) تشکیل می‌شوند، بنابراین هر میان‌گره یک فاز حساس حدود ۱۰ روزه (۱ تا ۲ هفته) را طی می‌کند (آدامز و لپ‌وود، ۱۹۷۸).

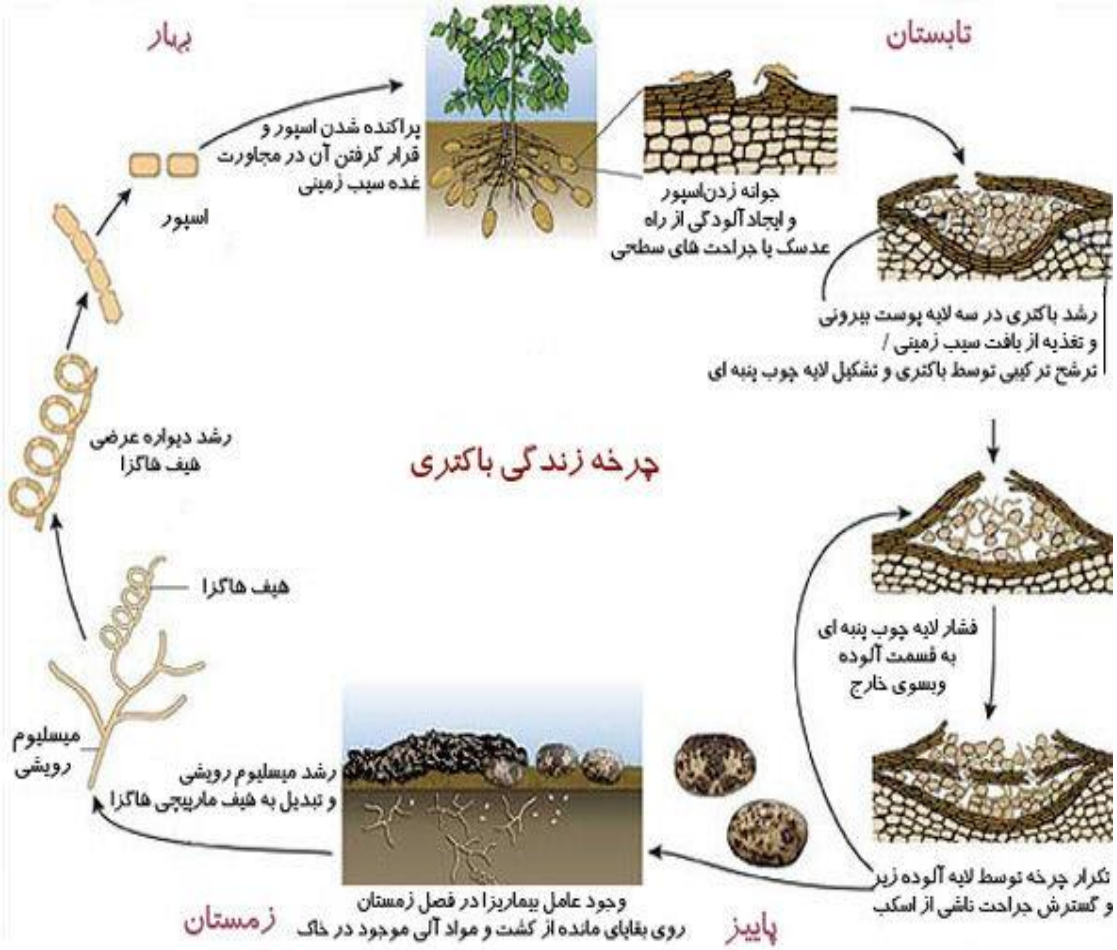
پاتوژن جرب‌معمولی یک فرصت طلب عالی است و به طور عجیب خود را در برابر دفاع میزبان سازگار کرده است. این پاتوژن بعد از نفوذ، بین سلول‌های عدسک‌های در حال رشد، پیشروی می‌کند (آدامز و لپ‌وود، ۱۹۷۸)، و چنانچه سلول‌ها مردند، روی بافت مرده تغذیه خواهد کرد (گوس، ۲۰۰۶). تشکیل میسیلیوم در سلولهای میزبان، فقط در نواحی مسن‌تر جراحت اسکب صورت می‌گیرد. پاتوژن در حین تکثیر یک ترکیب شیمیایی (احتمالا تاکستومین) ترشح می‌کند که سلول‌های اطراف جراحت را به تقسیم سریع (ایجاد هیپرتروفی) و سنتز سوبرین در محل آلودگی وادار می‌کند. تشکیل لایه‌های چوب‌پنبه‌ای، جریان مواد غذایی برای سلول‌های زنده را قطع می‌کند و با کشتن این سلول‌ها، گیاه را در مقابل از دست دادن رطوبت و حمله میکروبی محافظت می‌نماید، در صورتی که پاتوژن از بافت مرده بیشتر تغذیه نماید، لایه‌های چوب‌پنبه‌ای به نواحی آلوده بیرونی فشار آورده، و پریدرم سیب‌زمینی را پاره می‌نماید و علائم اسکب بر سطح غده نمایان می‌شود (هوکر، ۱۹۸۱).

۲-۲-۵ سیـکل (چرخه) بیمـاری

در چرخه بیماری‌زایی، باکتری رشته‌های میسلیوم را تولید نموده، که رشته‌هایی به نام هیف از آنها منشعب و در نهایت تولید هاگ می‌کنند. فصل بهار هیف‌های رویشی رشد کرده و به هیف‌های مارپیچی هاگ‌زا تبدیل می‌شوند. دیواره عرضی هیف هاگ‌زا رشد کرده، چوب‌پنبه‌ای و ضخیم می‌گردد و در نهایت منقبض شده و رشته میسلیوم هیف، مانند رشته زنجیر از هم گسسته و به اسپورهای منفرد تبدیل می‌گردند. همزمان با بلوغ هاگ رنگدانه خاکستری یا تیره‌رنگی بروز می‌نماید.

زمانی که هاگ در مجاورت یک میزبان مناسب قرار می‌گیرد شروع به جوانه‌زنی کرده و مراحل آلوده‌شدن میزبان آغاز می‌گردد. معمولا آلودگی به اسکب درابتدای تشکیل غده آغاز می‌گردد. اصولا باکتری روزنه‌های تنفسی (عدسک‌های) غده را موردتهاجم قرار داده، ولی می‌تواند برای نفوذ از هر زخم یا جراحت بسیار کوچک

روی سطح غده نیز استفاده نماید. بعد از نفوذ، باکتری در سه لایه بیرونی سلول‌های پوستی تکثیر یافته و باعث مرگ سلول‌ها می‌گردد و به صورت ساپروفیت از سلول‌های مرده غده‌ی سیب‌زمینی تغذیه می‌نماید (هوکر، ۱۹۸۱). این باکتری همچنین با ترشح ترکیبی شیمیایی باعث افزایش سرعت تخریب سلول‌های مجاور سلول آلوده گشته و این عمل باعث تشکیل لایه چوب‌پنبه‌ای می‌گردد، بدین ترتیب که غده سیب‌زمینی به منظور قرنطینه نگاه داشتن باکتری و سلول‌های آلوده اطراف آن، چندین لایه سلول‌های چوب‌پنبه‌ای تولید می‌نماید، و باکتری از سلول‌های بالای لایه چوب‌پنبه‌ای مرده، تغذیه می‌کند. لایه چوب‌پنبه‌ای فشاری به ناحیه آلوده شده رو به خارج وارد نموده که باعث پوسته‌پوسته‌شدن اپیدرم، رشد و تکثیر باکتری روی سلول‌های مرده غده سیب‌زمینی می‌گردد و نهایتا آسیب حاصل از اسکب گسترش خواهد یافت. همچنان که آلودگی پیشرفت می‌کند، این وصله‌ها می‌توانند شکافته شده و ظاهری ستاره‌ای شکل پیدا کنند و یا می‌تواند با نفوذ به داخل غده ایجاد اسکب کم‌عمق یا عمیق نماید (هوکر، ۱۹۸۱). ممکن است این چرخه در طول فصل رشد و نمو گیاه چندین بار اتفاق افتاده و گسترش خسارت ناشی از اسکب را در پی داشته باشد، درضمن اندازه اسکب ایجاد شده روی غده سیب‌زمینی بستگی به زمان آلودگی دارد. قاعدتاً غده‌هایی که زودتر آلوده شوند آسیب و جراحت بیشتری خواهند داشت (گوس، ۲۰۰۶). (شکل۲-۱).



شکل۲-۱ چرخه بیماری‌زایی باکتری *Streptomyces scabies* عامل جرب‌معمولی سیب‌زمینی

۲-۲-۶ علائم بیماری

گونه‌های *Streptomyces* جرب‌معمولی سیب‌زمینی، به اندام‌های زیرزمینی گیاه خسارت وارد می‌کنند و اولین علائم بیماری نکروز می‌باشد (هوکر، ۱۹۸۱)، علائم این بیماری به صورت زخم‌های کوچک برجسته بر روی اندام‌های زیرزمینی در اطراف عدسک‌ها می‌باشد، آلودگی از وسط غده‌های رشد یافته آغاز شده و در ابتدا زخم‌های قهوه‌ای مایل به قرمز روی پریدرم غده ایجاد می‌کند، سپس زخم‌های روی پریدرم میزبان گسترش یافته، و در مدت اندکی زخم‌های مورد نظر به صورت بافت چوب‌پنبه‌ای زبر و خشن در می‌آید که این زخم‌ها گاهی به صورت برجسته و گاهی حفره‌هایی به عمق ۷ میلی‌متر ایجاد می‌کند، این لکه‌ها ممکن است به شکل نامنظم باشند و بر روی ساقه‌های زیرزمینی و استولون‌ها نیز دیده شوند، اما تا کنون آلودگی سیستمیک دیده نشده است. قسمت‌های هوایی گیاه نیز در آلودگی شدید ریشه، کاهش رشد پیدا کرده یا پژمرده می‌گردند (لوریا و همکاران، ۱۹۹۷)، شدت علائم ایجاد شده بر سطح غده به حساسیت میزبان، جدایه بیمارگر و شرایط محیطی بستگی دارد (عینی و همکاران، ۱۳۸۲).

علائم بیماری جرب‌معمولی بر روی غده به صورت جرب برجسته یا شکوفا (Erumpent scab)، جرب‌سطحی یا کرکی (superficial/corck scab) و جرب‌فرورفته (Deep-pitted scab) مشاهده می‌شود. در ارقام حساس سیب‌زمینی معمولا علائم جرب فرورفته ایجاد می‌شود که مانند جرب‌سطحی تمام سطح غده را می‌پوشاند، در حالی که در ارقام مقاوم، علائم سطحی بر روی درصد کمی از پوست غده ایجاد می‌شود (امیلسون و همکاران، ۱۹۵۳؛ تاکایاشی، ۱۹۹۷).

c.Deep-pitted **b.superficial/corck scab** **a. Russet/netted scab**

شکل۲-۲ انواع علائم جرب‌معمولی روی غده‌های سیب‌زمینی در آفریقای‌جنوبی

۲-۲-۷ طول عمر پاتوژن در خاک

جونز و ادسون (۱۹۰۱) اولین کسانی بودند که نشان دادند باکتری *Streptomyces* می‌تواند در خاک‌های بکر و دست‌نخورده ظاهر شود. لوتمان سال ۱۹۱۴ نشان داد که عملا میکروفلور طبیعی تمام خاک‌ها شامل گونه‌های *Streptomyces* تولیدکننده جرب‌معمولی هستند. باکتری *Streptomyces* ساختارهای ویژه‌ای برای بقا تولید نمی‌کند، اما می‌تواند با تجزیه مواد گیاهی برای مدت طولانی در خاک باقی بماند (پمبرتون، ۱۹۹۴). این پاتوژن می‌تواند به مدت ۱۰ تا ۲۰ سال بدون هیچ گونه کشت سیب‌زمینی در بقایای محصولات به صورت

اسپور یا میسلیوم در خاک زنده بماند (دیپنار، ۱۹۳۳). اینوکلوم جرب‌معمولی می‌تواند به وسیله غده‌های آلوده و شیوه‌های کشاورزی به خاک انتقال یابد. خاک آلوده می‌تواند توسط باد و باران به زمین‌های مجاور غیرآلوده انتقال یابد .این میکروارگانیسم با عبور از دستگاه گوارش جانوران نیز زنده می‌ماند و می‌تواند با کود منتشر شود. از آنجا که *S. scabieis* یک پاتوژن تک‌چرخه‌ای است، تراکم اینوکلوم اولیه آن نقش مهمی در توسعه این بیماری بازی می‌کند. اسپورهای باکتری گونه *Streptomyces* می‌تواند برای مدت طولانی در خاک خشک به صورت هیف‌های رویشی، زنده بماند، و قادر به تجزیه مواد آلی موجود در خاک نیز می‌باشد (کینات و لوریا، ۱۹۹۱)، اما ریسه‌های رویشی این باکتری به تنش‌های رطوبتی بالا غیرمتحمل هستند. اسپورها از ریسه‌ها به دلیل داشتن :

۱- یک غلاف خارجی، ۲- یک دیواره ضخیم‌تر، ۳- مقاومت بیشتر به گرما، ۴- مقاومت به خشکی

متمایز می‌شوند، اسپورهای *Streptomyces* به‌طور یکنواخت در خاک پخش نمی‌شوند بلکه به صورت کلاستر یا دسته‌های کوچک موضعی هستند. این کلاسترها معمولا با بقایای ناشی از زراعت قبلی و فعلی تجمع می‌یابند (گوس، ۲۰۰۶).

۲-۲-۸ ناقلین پاتوژن

هاپکینز (۱۸۹۵)گزارش کرد که پشه زخم (*Pnyxia scabiei* Hopkins) درتشکیل زخم‌های عمیق و حفره‌دار با ایجاد نقب در بافت غده کمک می‌کند، درنتیجه تلقیح زخم‌های عمیق‌تر را به میزبان تحمیل می‌کند (هاپکینز، ۱۸۹۵). شال مشاهده کرد که تغذیه لاروکک و سوسک سیب‌زمینی (*Epitrix scucumeris* Harri)، ورود پاتوژن به گیاه را برای ایجاد زخم فراهم می‌کند. این لاروها می‌توانند پاتوژن‌های داخلی و خارجی باشند، و در انتشار پاتوژن ازخاک به غده نقش داشته باشند (شال، ۱۹۳۴). مانزرو و همکاران اظهار داشتند که از روی زخم‌های جرب ناشی از گونه‌های *Streptomyces* بر روی غده سیب‌زمینی، کنه‌ها و نماتدهایی جدا شده است، همچنین گونه‌های *Streptomyces* را از کنه‌های *Rbizoglyphus* و دم‌فنری‌ها (*Collembola* *Onycbiurus subtenius* Folsom و *Folsomia fimetaria L.* و *Folsomia elongata* MacGillivray) جدا کردند. مانزر و همکاران پیشنهاد کردند که وجود بندپایان در خاک در اپیدمیولوژی جرب‌معمولی و جرب‌اسیدی یک نقش مهم ایفا می‌کند.

۲-۳ خصوصیات باکتری‌شناسی

۲-۳-۱ خصوصیات باکتری‌شناسی جنس *Streptomyces*

جنس *Streptomyces* در سال ۱۹۴۳ توسط واکسمن و هنریسی پیشنهاد شده است که بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و خصوصیات ساختمانی دیواره به همراه سه جنس *Kineospora*، *Streptoveriticllium*، *Sporichthya* در خانواده *Streptomycetaceae* قرار گرفته است. جنس‌های *Streptomyces* و *Streptoveriticllium* بسیار به هم شبیه بودند، با این تفاوت که جنس *Streptoveriticllium* روی محیط‌های فقیر از نظر مواد غذایی تولید اسپور می‌کند و نسبت به لیزوزیم و نئومایسین مقاوم می‌باشد. اعضای جنس *Streptomyces* را می‌توان از سایر اکتینومایست‌ها با تعیین نوع

دیواره سلولی که از تیپ I است، متمایز ساخت. وجود ال-دی‌آمینوپیمیلیک‌اسید و گلایسین و عدم وجود قندها از خصوصیات این نوع دیواره می‌باشد (لوریا، ۱۹۹۷).

کلیه اعضای جنس *Streptomyces* باکتری‌های گرم مثبت، هوازی، رشته‌ای و خاکزی هستند و از صدها گونه *Streptomyces* خاک، تعداد کمی به‌عنوان بیمارگر گیاهی شناخته شدند، اما بسیاری از گونه‌های این جنس قادر به تولید آنتی‌بیوتیک‌ها و دیگر متابولیت‌های ثانویه هستند، و بعضی به‌عنوان آنتاگونیست در سطح وسیعی بر روی قارچ‌ها، باکتری‌ها و نماتدهای بیمارگر گیاهی اثر می‌گذارند و همواره به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک بیماری، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (گوس،۲۰۰۶).

این باکتری از رده *Actinobacteria* و راسته *Actinomycetales* بوده و میزان G+C آن ۶۹ تا ۷۸ درصد مول می‌باشد، و تعدادی از اعضای این جنس دارای کروموزوم خطی هستند و ریسه‌های رویشی منشعب به قطر ۰/۱ تا ۰/۵ میکرومتر و ریسه‌های هوائی دارای زنجیره آرتروسپور تولید می‌کنند (لوریا و همکاران، ۱۹۹۷). این باکتری تولید پرگنه‌هایی به صورت پودری و مجزا، گلسنگی، چرمی و گرد بر روی محیط کشت YME می‌کند که قطر آن بر روی این محیط کشت به ۱ تا ۱۰ میلی‌متر می‌رسد و دارای رنگ متغیر می‌باشد. رنگ توده اسپور با تغییر شرایط متفاوت خواهد شد. با مسن شدن پرگنه‌ها میسلیوم‌های هوائی تشکیل شده و زنجیره اسپور با تشکیل دیواره‌های عرضی، در رشته‌های چند هسته‌ای تشکیل می‌شود که هر سلول آن بعدا به یک اسپور تبدیل می‌شود (جعفری، ۱۳۹۰).

۲-۳-۲ خصوصیات باکتری‌شناسی گونه‌های *Streptomyces*

در سال ۱۹۴۰ مطالعات زیادی بر روی جنس *Streptomyces* صورت گرفت که هدف اصلی آن، بررسی آنتی‌بیوتیک‌های تولیدشده در گونه‌های این جنس بود. این مطالعات باعث افزایش تعداد گونه‌ها از ۴۰ به ۳۰۰ گونه بود.

خصوصیات ظاهری میسلیوم‌های هوایی در طبقه‌بندی گونه‌های جنس *Streptomyces* اهمیت زیادی دارند. از جمله این خصوصیات می‌توان به نحوه انشعاب آنها که به صورت مستقیم، منشعب، چرخشی یا موجی می‌باشند، اشاره کرد. در این جنس دو نوع میسلیوم رویشی و هوایی وجود دارد (جعفری، ۱۳۹۰).

دیگر خصوصیاتی که می‌تواند در شناسایی گونه‌های *Streptomyces* نقش مهمی داشته باشد شکل زنجیره اسپور یا اسپورفور است. این زنجیره‌ها بلند و اغلب دارای بیش از ۵۰ آرتروسپور هستند. ولی وجود ژن‌های عمل‌کننده متعدد در این زنجیره‌ها و تاثیر محیط‌کشت در ایجاد آنها، طبقه‌بندی بر این اساس را مشکل می‌سازد. به طور کلی زنجیره اسپور به دو صورت پیچشی (Retiflexuous) و مارپیچی (Spiral) می‌باشد.

رنگ توده اسپور نیز در طبقه‌بندی گونه‌های این جنس مورد استفاده قرار می‌گیرد. رنگ توده اسپور گونه‌های *Streptomyces* بسیار متنوع بوده و به رنگ آبی، خاکستری، سبز، قرمز، بنفش، سفید و زرد تقسیم‌بندی شده‌اند. گاهی رتگ توده اسپور با رنگدانه‌های محلول در هم ادغام می‌شود و رنگ جدیدی به دست می‌آید (جعفری، ۱۳۹۰).

خصوصیت و شاخص مهمی که در تفکیک گونه‌های جنس *Streptomyces* بکار برده می‌شود و به عنوان یک فاکتور ثابت تشخیص داده شده است، تعیین آرایش سطح اسپور توسط میکروسکوپ الکترونی می‌باشد. آرایش سطح اسپورها در گونه‌های مختلف به صورت صاف، خاردار، زگیل‌دار و مویی می‌باشد که تعیین این اشکال مشکل است (هیلی و لامبرت، ۱۹۹۱).