بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

تأثیر نوع، سرعت پیشروی و دفعات عبور تراکتور بر تراکم پذیری خاک و عملکرد محصول سیب زمینی در کرمان

استاد راهنما :
دکتر ناصر علوی نائینی

استاد مشاور :
دکتر کاظم جعفری نعیمی

مؤلف :
رضا باغبانی

بهمن ماه ۱۳۸۸

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط اخذ درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: **رضا باغبانی**

استاد راهنما: **دکتر ناصر علوی نائینی**

استاد مشاور: **دکتر کاظم جعفری نعیمی**

داور : **دکتر قاسم محمدی نژاد**

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده: **دکتر محمد سالار معینی**

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به روح پدر مهربانم

آنکه وجودم برایش همه امید بود و وجودش برایم همه مهر

توانش رفت تا به توانایی برسم و مویش سپید گشت تا رویم سپید بماند.

روحش شاد

تقدیم به مادر دلسوزم

آنکه فروغ نگاهش، گرمی کلامش و روشنی رویش سرمایه جاودانی زندگی من هست

آنکه راستی قامتم در شکستگی قامتش تجلی یافت

در برابر وجود گرامیش زانوی ادب بر زمین می‌نهم و با دلی مملو از عشق و محبت و خضوع

بر دستانش بوسه می‌زنم

سرو وجودش همیشه سرسبز و استوار باد

تقدیم به برادر و خواهرانم

که در کلیه مراحل تحصیل با دلی مملو از محبت، پاکی و صفا مرا همراهی نمودند.

سرو وجودشان همیشه سرسبز و استوار باد

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران خداوندی که دل‌ها را به نور دانش منور ساخت. بر خود لازم می دانم از جناب آقایان دکتر سید ناصر علوی نائینی و دکتر کاظم جعفری نعیمی که با راهنمایی‌ها و پیشنهادات ارزشمند خودشان راهگشای اینجانب بوده صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم و همچنین از جناب آقای دکتر محسن شمسی و جناب آقای دکتر احمد غضنفری مقدم و همه اساتید و دوستان عزیزی که هر یک به طریقی هدایت و حمایت خود را از این جانب دریغ نفرمودند سپاسگزاری می نمایم.

با تقدیم احترام

رضا باغبانی

چکیده

در قرن حاضر با توجه به ضرورت افزایش تولید محصولات زراعی نیاز به استفاده از تراکتورها با ابعاد بزرگتر افزایش یافته است، تردد این تراکتورها در زمین های زراعی باعث فشردگی خاک و کاهش عملکرد محصول می‌شود. از این رو، این تحقیق به منظور بررسی اثرات نوع، سرعت پیشروی و دفعات عبور تراکتور در طول فصل زراعی بر تراکم خاک و عملکرد سیب زمینی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ اجرا گردید. نوع تراکتور در دو سطح (رومانی، مسی فرگوسن) به عنوان فاکتور اصلی، سرعت پیشروی تراکتور در دو سطح (۳ و۶ کیلومتر بر ساعت) به عنوان فاکتور فرعی و دفعات عبور تراکتور در طول فصل زراعی در دو سطح (دو و پنج بار عبور) به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. بررسی اثرات فاکتورها با اندازه‌گیری شاخص‌های تراکم شامل چگالی ظاهری (BD)، شاخص مخروطی (CI) در عمق های مختلف خاک (۱۰-۰، ۲۰-۱۰و ۳۰-۲۰) سانتی متر و همچنین عملکرد سیب زمینی انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که افزایش وزن و دفعات عبور و کاهش سرعت تراکتور موجب افزایش معنی‌دار BD و CI در هر سه عمق و کاهش معنی‌دار عملکرد سیب زمینی می‌شود. براساس ضرایب همبستگی، بین صفت عملکرد محصول با صفات BD و CI همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری و بین صفات BD و CI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود دارد. مدلسازی ریاضی BD ، CI و عملکرد محصول سیب زمینی بر مبنای مدل رگرسیون خطی چند متغیره نشان داد که هر سه متغیر در مدل به عنوان متغیرهای توجیه کننده تغییرات تراکم و کاهش عملکرد، بیش از ۸۰ درصد تغییرات را توجیه نمودند، و تردد به عنوان مهم ترین عامل در تراکم خاک و کاهش عملکرد تشخیص داده شد. براساس نتایج حاضر به نظر می‌رسد تراکتور مسی فرگوسن با سرعت پیشروی ۶ کیلومتر بر ساعت و دو بار عبور در طول فصل زراعی با میانگین عملکرد ۳۱/۱ تن در هکتار بهترین عملکرد را دارا می‌باشد و عملکرد آن نسبت به روش معمول استفاده از تراکتور رومانی با سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت و پنج بار عبور در طول فصل زراعی با میانگین عملکرد ۱۹/۱۴۵ تن در هکتار حدود ۶۲ درصد افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی:

چگالی ظاهری، سیب زمینی، شاخص مخروطی، فشردگی خاک، مدل رگرسیون

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه، هدف و شناخت کلی سیب زمینی ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ هدف ۵

۱-۳ شناخت سیب زمینی ۶

۱-۳-۱ مبدأ و تاریخچه ۶

۱-۳-۲ مشخصات گیاه شناسی ۶

۱-۳-۳ اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی ۱۰

۱-۳-۴ شرایط آب و هوایی ۱۲

۱-۳-۵ خاک و تهیه بستر ۱۳

۱-۳-۶ کود ۱۳

۱-۳-۷ کود حیوانی ۱۴

۱-۳-۸ کود سبز ۱۴

۱-۳-۹ کود شیمیایی ۱۴

۱-۳-۱۰ کاشت ۱۷

۱-۳-۱۱ مراقبت های زراعی ۱۸

۱-۳-۱۲ برداشت و انبار کردن سیب زمینی ۱۸

فصل ۲: پیشینه پژوهش ۲۰

۲-۱ پارامترهای مختلف خاک و ارتباط آنها با فشردگی خاک ۲۱

۲-۱-۱ ساختمان و بافت خاک ۲۱

۲-۱-۲ رطوبت خاک ۲۲

۲-۱-۳ تهویه،تخلخل و نفوذپذیری خاک ۲۴

۲-۱-۴ مقاومت خاک ۲۵

۲-۱-۵ رشد ریشه در خاک و جذب مواد غذائی آن در ارتباط با فشردگی ۲۹

۲-۱-۶ عملکرد محصولات کشاورزی و فشردگی ۳۱

۲-۱-۷ عوامل مربوط به نوع وسیله و ارتباط آن با فشردگی خاک ۳۲

۲-۱-۸ جرم مخصوص ظاهری و ارتباط آن با فشردگی ۳۶

۲-۱-۹ فرسایش خاک و ارتباط آن با فشردگی ۳۹
۲-۱-۱۰ سایر مکانیزم‌هائی که باعث فشردگی خاک می شوند ۴۰
۲-۲ زیان‌های فشردگی خاک ۴۰
۲-۲-۱ تأثیر فشردگی بر نفوذپذیری خاک ۴۰
۲-۲-۲ تأثیر فشردگی بر رشد ریشه ۴۰
۲-۲-۳ تأثیر فشردگی بر روی فرسایش خاک ۴۰
۲-۲-۴ تأثیر فشردگی بر روی رشد و میزان محصول ۴۱
۲-۳ کوشش‌های انجام شده در زمینه مدل‌سازی فشردگی خاک ۴۱

فصل ۳: مواد و روش‌ها ۵۱
۳-۱ تیمارها و سطوح تغییرات ۵۲
۳-۱-۱ وزن یا بار ماشین های کشاورزی ۵۲
۳-۱-۲ سرعت پیشروی ۵۲
۳-۱-۳ تعداد دفعات عبور ماشین های کشاورزی در طول فصل زراعی ۵۳
۳-۲ مواد و تجهیزات ۵۳
۳-۲-۱ سیب زمینی استفاده شده ۵۳
۳-۲-۲ نوع خاک ۵۳
۳-۲-۲ نوع تراکتور ۵۷
۳-۲-۳ وسایل مورد نیاز متصل به تراکتور برای عملیات خاکورزی،کاشت و داشت محصول سیب زمینی در طول فصل زراعی ۵۷
۳-۲-۴ وسایل اندازه‌گیری ۶۲
۳-۲-۵ ترازوی آزمایشگاهی ۶۷
۳-۲-۶ آون آزمایشگاهی ۶۸
۳-۳ روش‌ها ۶۹
۳-۳-۱ طرح آزمایشی و روش اجرای طرح ۶۹
۳-۳-۲ آماده سازی زمین برای آزمایش‌های مزرعه‌ای ۷۲
۳-۳-۳ اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک (BD) ۷۳
۳-۳-۴ اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک (CI) ۷۵
۳-۳-۵ اندازه‌گیری سرعت در آزمایش‌های مزرعه‌ای ۷۷

۳-۳-۶ اندازه‌گیری عملکرد محصول سیب زمینی ۷۷
۳-۴ مفروضات و اطلاعات تجزیه واریانس ۷۸

فصل ۴: نتایج و بحث ۸۰
۴-۱ میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده ۸۱
۴-۱-۱ میانگین‌های چگالی ظاهری خاک ۸۱
۴-۱-۲ میانگین‌های مقاومت خاک ۸۷
۴-۱-۳ میانگین‌های عملکرد محصول سیب زمینی ۹۳
۴-۲ نتایج تجزیه واریانس داده ها ۹۳
۴-۳ بحث ۱۰۱
۴-۳-۱ چگالی‌ظاهری خاک (BD) ۱۰۱
۴-۳-۲ شاخص مخروطی(CI) ۱۰۴
۴-۳-۳ عملکرد محصول سیب زمینی ۱۰۶
۴-۳-۴ تغییرات چگالی ظاهری و شاخص مخروطی خاک در مراحل مختلف عبورماشین های کشاورزی در اعماق مختلف ۱۰۹
۴-۳-۵ تغییرات چگالی ظاهری و شاخص مخروطی خاک در مراحل مختلف عبور ماشین های کشاورزی با سرعت های مختلف در اعماق مختلف ۱۱۰
۴-۴ ضرایب همبستگی بین چگالی ظاهری، شاخص مخروطی و عملکرد محصول ۱۱۳
۴-۵ تدوین مدل ریاضی فشردگی و مقاومت خاک در اعماق مختلف و عملکرد محصول سیب زمینی ۱۱۵

فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۸
۵-۱ نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۲۹

فهرست منابع ۱۳۲

چکیده انگلیسی ۱۴۲

فصل اول

مقدمه، هدف و شناخت کلی سیب زمینی

۱-۱ مقدمه

فشردگی خاک یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد گیاه و عملکرد محصول است. به عبارت دیگر فشردگی خاک باعث کاهش نسبت تخلخل، آب، اکسیژن و مواد غذایی قابل دسترس مورد نیاز گیاه می شود. در اثر تراکم خاک، درصد خلل و فرج به خصوص خلل و فرج‌های بزرگ خاک کاهش می‌یابد. بنابراین رشد ریشه گیاه محدود شده و برای رشد طولی و عرضی خود نیاز به صرف انرژی بیشتری نسبت به حالت عادی دارد. در صورتی که خاک خیلی متراکم شده باشد، رشد ریشه متوقف شده و قادر به عبور از لایه متراکم شده نمی‌باشد. از طرفی تولیدات کشاورزی وابسته به تردد ماشین‌های کشاورزی است. به نحوی‌که در کشاورزی مدرن کاشت و برداشت بدون تراکتور و کمباین غیر ممکن است. آسیب ناشی از تردد ممکن است به صورت قابل مشاهده در سطح زمین و یا غیر قابل مشاهده در لایه‌های زیرین خاک صورت گرفته باشد که در هر دو صورت آثار منفی بر تولید محصول می‌گذارد (راپر، ۲۰۰۵). اگرچه از زمان‌های بسیار قدیم انسان به علت استفاده از حیوانات در کشیدن ابزار کار و عملیات خاک‌ورزی با مسئله تراکم مواجه بوده است، ولی از اواسط قرن بیستم و به خصوص در طی سی سال گذشته، به دلیل مکانیزه شدن و افزایش وزن ماشین‌های کشاورزی، تراکم خاک به صورت یک مشکل چند بعدی در مقابل کشاورزی پایدار شناخته شده است و شامل اثرات متقابل ماشین، خاک، گیاه و اقلیم است (سوان و همکاران، ۱۹۹۴). تراکم پذیری خاک از نظر تعریف، عبارتست از بیان کمی رفتار خاک تحت تأثیر تنش و فشارهای مشخص، که معمولاً این رفتار با تغییر چگالی ظاهری، درجه پوکی، تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای، نفوذپذیری آب به خاک و مقاومت خاک بیان می‌شود (سوان، ۱۹۹۰). تراکم خاک باعث حساسیت بیش از حد گیاه به خشکی، تهویه ناکافی، کاهش جذب آب، کاهش بازده عناصر غذایی، رشد غیر یکنواخت گیاهان، کند شدن جوانه زنی و سیستم ریشه‌ای بد شکل و نهایتاً سبب کاهش محصول می‌گردد (زانگ و همکاران، ۱۹۹۷).

خاک‌های زراعی می‌توانند تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله استفاده مکرر از ماشین آلات سنگین به خصوص در وضعیت رطوبتی نامناسب به تدریج متراکم شوند. در اثر تراکم مقاومت مکانیکی خاک افزایش و تهویه خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد ریشه گیاه برای نفوذ در خاک باید نیروئی اعمال کند تا ذرات خاک را جابجا نماید. چنانچه این نیرو از نیروی مقاومت مکانیکی خاک کمتر باشد ریشه قادر به جابجا کردن ذرات خاک نخواهد بود و در نتیجه در نفوذ به داخل خاک دچار مشکل خواهد شد. این امر در نهایت منجر به کاهش و یا توقف رشد ریشه گیاه خواهد شد. در واقع ریشه برای نفوذ در خاک باید حفره‌ای به اندازه حجم خود در خاک ایجاد

نماید. نیروئی که ریشه گیاه اعمال می‌کند بسته به نوع گیاه بین ۰/۲۴ تا ۱/۴۵ مگاپاسکال متفاوت است (گریسن،۱۹۸۶). یکی از آثار مشخص و معین تراکم خاک کاهش تهویه خاک است. این کاهش عمدتاً به خاطر تغییر در توزیع اندازه خلل و فرج خاک است. با افزایش تراکم خاک درصد منافذ درشت خاک در جهت ایجاد منافذ ریز کاهش می یابد، تحت چنین شرایطی حرکت آب و هوا در خاک به شدت کاهش می یابد این امر به کاهش غلظت اکسیژن و افزایش گاز کربنیک منجر می شود. کاهش تهویه خاک می تواند بر روی رشد و نمو گیاه اثر منفی بگذارد (نادین و همکاران،۱۹۹۶).

توانایی ریشه گیاهان در نفوذ به درون خاک متراکم بسیار متفاوت است (کانل،۱۹۸۲). به طوری که (تایلور و همکاران، ۱۹۶۹) در تحقیقات خود ملاحظه نمودند وقتی مقاومت مکانیکی خاک به یک مگاپاسکال افزایش یابد طویل شدن ریشه گیاه پنبه ۶۲ درصد کاهش پیدا می‌کند، حال آن که افزایش مشابه مقاومت مکانیکی خاک فقط توانست ۲۵ درصد طول ریشه گیاه بادام زمینی را کاهش دهد.

(دکستر، ۲۰۰۳) با آزمایشی روی یک خاک لوم رسی گزارش داد همبستگی منفی بین طول ریشه گندم و مقاومت خاک وجود دارد، همچنین (لاجسدن و همکاران، ۱۹۸۷) نیز نشان دادند که افزایش چگالی ظاهری که از آثار تراکم خاک می‌باشد، سبب کاهش خطی ریشه گندم می‌شود که نتیجه مشابهی در مورد دیگر محصولات (ذرت و جو) بدست آمد.

(بون و همکاران،۱۹۹۳) با بررسی مکانیزم‌های واکنش گیاهان به تراکم خاک ملاحظه نمودند که تراکم خاک بر روی جوانه زنی و سبز شدن و نیز مدت زمان سبز شدن بذور گیاهان زراعی تأثیر دارد.

(بون و همکاران، ۱۹۷۸) بیان کردند که توزیع ریشه در خاک متراکم و غیر متراکم کاملاً متفاوت می‌باشد، در آزمایش هایی که در رومانی بر روی گیاه ذرت انجام گرفته است، توزیع ریشه در این دو حالت در شرایطی که میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی بود مقایسه گردید. اگرچه بیوماس کل ریشه برای هر دو مورد مشابه بود، لیکن ریشه‌های عمیق در خاک غیر متراکم بیشتر بود.

(مسل و پسیورا، ۱۹۸۷) دریافتند حتی در شرایطی که آب و مواد غذایی به مقدار کافی وجود دارد، گیاهان در خاک‌های متراکم با سرعت کمتری رشد می‌نمایند. آنها بیان نمودند که رشد قسمت‌های هوایی در پاسخ به پیغام های هورمونی تولید شده در ریشه‌ها کاهش می‌یابد.

(کات و همکاران، ۲۰۰۰) طبق نتایج آزمایشگاهی نشان دادند که کاهش تخلخل کل، تهویه ضعیف و قدرت کم نگهداری آب در خاک ها که نتیجه ایجاد تراکم در آنها می باشد سبب کاهش رشد ریشه‌های جو شده است.

(ایشاکت و همکاران،۲۰۰۱) در آزمایش روی یک خاک لوم رسی گزارش دادند که تراکم خاک تحتانی بطور قابل توجهی بر چگالی ظاهری، تخلخل تهویه‌ای، تخلخل کل و مقاومت نفوذسنجی خاک و در نتیجه بر مقدار عملکرد محصول اثر می‌گذارد. به طوری‌که در خاک مورد آزمایش تراکم خاک باعث افزایش چگالی ظاهری خاک به میزان ۱۶٪، کاهش تخلخل کل خاک به میزان ۲۷٪، کاهش تخلخل تهویه‌ای به میزان ۶۲٪ و افزایش مقاومت نفوذسنجی خاک از ۱ مگاپاسکال در قطعات غیر متراکم به ۴/۸۳ مگاپاسکال در خاک‌های متراکم شد که این تغییرات باعث کاهش محصول دانه گندم به میزان ۳۸٪ و علوفه سورگوم به میزان ۲۲٪ شد.

از جمله نیروهای مکانیکی وارده بر خاک می‌توان به تردد ماشین آلات کشاورزی اشاره نمود. چهار عامل وزن، نوع چرخ، سرعت و تعداد تردد ماشین آلات بر تراکم خاک اثر می‌گذارد.

(راقاوان و همکاران، ۱۹۷۶) در آزمایشی ذرت علوفه‌ای را تحت تراکم های مختلف رشد قرار دادند و نتیجه گرفتند که هر چه تعداد تردد تراکتور بیشتر، مقدار تراکم خاک بیشتر شده و نفوذ ریشه کاهش می یابد.

(سوان و همکاران، ۱۹۸۱) بیان کردند با افزایش سرعت ماشین آلات مقدار افزایش در چگالی ظاهری و همین طور عمق تراکم کاهش می‌یابد لذا مقدار تراکم کم می‌شود به طوری‌که آنها نشان دادند چگالی ظاهری در زیر یک چرخ سخت با سرعت ۱ کیلومتر بر ساعت به میزان ۱/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب و در سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت، ۱/۴۹ گرم بر سانتی متر مکعب بوده است. همچنین عمق تراکم در سرعت کم، تقریباً دو برابر عمق تراکم در سرعت زیاد بوده است.

با توجه به اینکه در طول یک فصل زراعی کشاورز قصد دارد که برای عملیات کاشت، داشت و برداشت (مثل کاشت، سم پاشی، کود پاشی، خاک دهی، دفع علف هرز) در مزرعه‌ای که در آن محصول سیب زمینی کشت شده است از تراکتور استفاده کند باید در تصمیم‌گیری عوامل زیر به گونه‌ای عمل کند که کمترین فشردگی را در خاک و بیشترین عملکرد محصول سیب زمینی را داشته باشد.

الف- از چه نوع تراکتوری با توجه به شرایط کاری استفاده کند. ب- با چه سرعتی با تراکتور در خاک حرکت کند. ج- چه تعداد تردد در یک فصل زراعی داشته باشد تا بیشترین عملکرد محصول سیب زمینی و کمترین فشردگی را در خاک داشته باشد.

۱-۲ هدف تحقیق

با توجه به مطالب گفته شده و اهمیت مشکل تراکم خاک و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی از جمله سیب زمینی در استان کرمان مطالعه‌ای با اهداف زیر صورت گرفت:

مطالعات انجام شده در این تحقیق را می توان به سه بخش اصلی تقسیم بندی کرد. بخش اول مربوط است به مطالعه تأثیر پارامترهای نوع، سرعت پیشروی و تعداد دفعات عبور تراکتور در طول فصل زراعی بر فشردگی و مقاومت خاک مزرعه در اعماق مختلف. بخش دوم مربوط است به مطالعه تأثیر پارامترهای نوع، سرعت پیشروی و تعداد دفعات عبور تراکتور در طول فصل زراعی بر عملکرد محصول سیب زمینی و بخش سوم مربوط است به کاربرد روش ریاضی برای تدوین مدل ریاضی فشردگی و مقاومت خاک در اعماق مختلف و عملکرد محصول سیب زمینی تحت تأثیر پارامترهای نوع، سرعت پیشروی و تعداد دفعات عبور تراکتور در طول فصل زراعی.

۱-۳ شناخت سیب زمینی

۱-۳-۱ مبدأ و تاریخچه

اصل و منشأ آن در آمریکای جنوبی و مرکزی است و نوع خودروی آن در ارتفاعات آند و بولیوی، پرو و شیلی یافت می شود. مناطق اخیر علاوه بر دارا بودن بانک ژن این گیاه، دارای انواع مختلفی از سیب زمینی هستند که توسط سرخپوستان از ۲۰۰۰ سال پیش کشت می شد. در بین انواع خودرو انواع مختلفی یافت می شوند که در مقابل آفات و امراض و یخبندان مقاوم اند. گونه Tuberosum (روز بلند) در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکای شمالی، اروپا و آسیا کشت می شود در صورتی که کشت زیر گونه Andigena (روز کوتاه) در ارتفاعات آمریکای جنوبی محدود است.

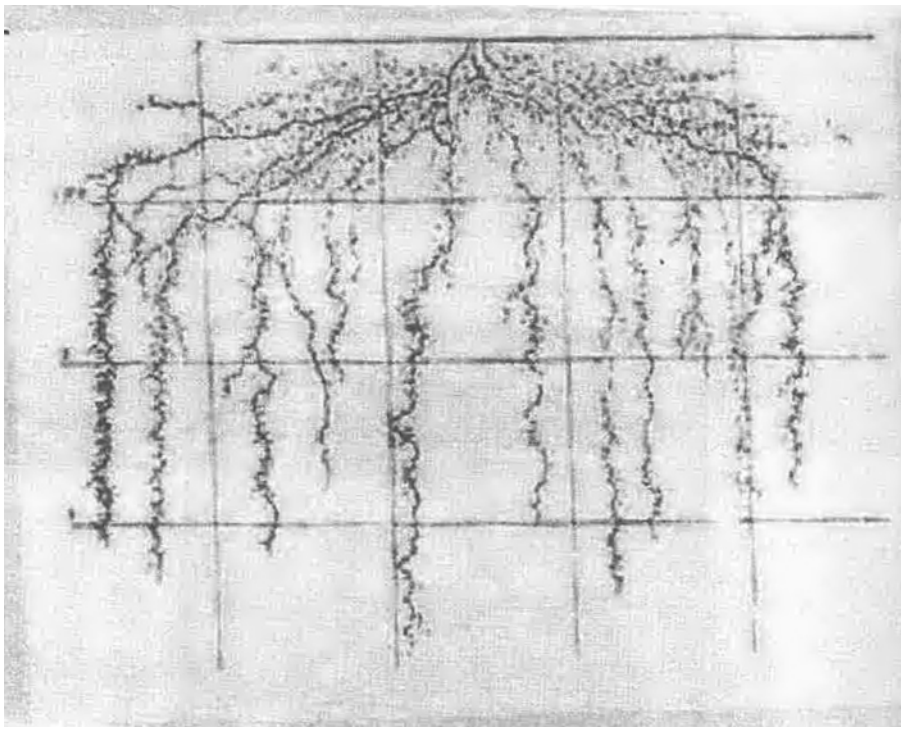
سیب زمینی برای اولین بار توسط اسپانیایی ها در سال ۱۵۷۰ میلادی از آمریکای جنوبی به اروپا آورده شد و از طریق اسپانیا و ایرلند به سایر نقاط راه یافت. ابتداء مردم چندان رغبتی برای زراعت این گیاه نشان نمی دادند تا اینکه به تدریج در اواسط قرن نوزدهم پی به خواص مختلف آن برده و در اکثر نقاط جهان کشت شد. سیب زمینی برای اولین بار در زمان فتحعلی شاه قاجار توسط سفیر ایران از آمریکا به ایران آورده شد.

۱-۳-۲ مشخصات گیاه شناسی

سیب زمینی تعلق به خانواده بادمجانیان (Solanaceae) دارد. جنس Solanum دارای گونه‌های زیادی بوده ولی تنها گونه Tuberosum و تعداد بسیار محدود دیگری هستند که تولید غده می نمایند. قسمت هوایی این گیاه در اثر سرمای زمستان خشکیده و از بین می رود ولی غده های باقی مانده در خاک می‌توانند در بهار سال بعد جوانه زده و گیاه جدیدی را تولید نماید. بنابراین سیب زمینی از نظر ساقه های زیر زمینی که در انتهای آنها غده ها تشکیل می شوند، گیاهی است دائمی ولی از نظر ساقه های هوایی و برگ‌ها یک ساله است.

ساقه‌های هوایی از روی چشمک‌هایی که روی غده مادری وجود دارند خارج شده و حامل برگ، گل و میوه می شوند. در بعضی از انواع ساقه ها به حالت مستقیم و عمودی و در بعضی دیگر کم و بیش بر روی زمین قرار می‌گیرند. ساقه ها در اغلب نژادها توخالی هستند. رنگ ساقه اغلب سبز است ولی در بعضی اوقات نیز به رنگ‌های قرمز و بنفش در می‌آیند. برگ‌های سیب زمینی در ابتداء ساده ولی در مراحل رشد بعدی به صورت مرکب پرزدار بوده و مقدار و اندازه برگچه‌ها متفاوت است. گل‌های سیب زمینی به رنگ‌های مختلف از سفید تا ارغوانی و بنفش تیره دیده

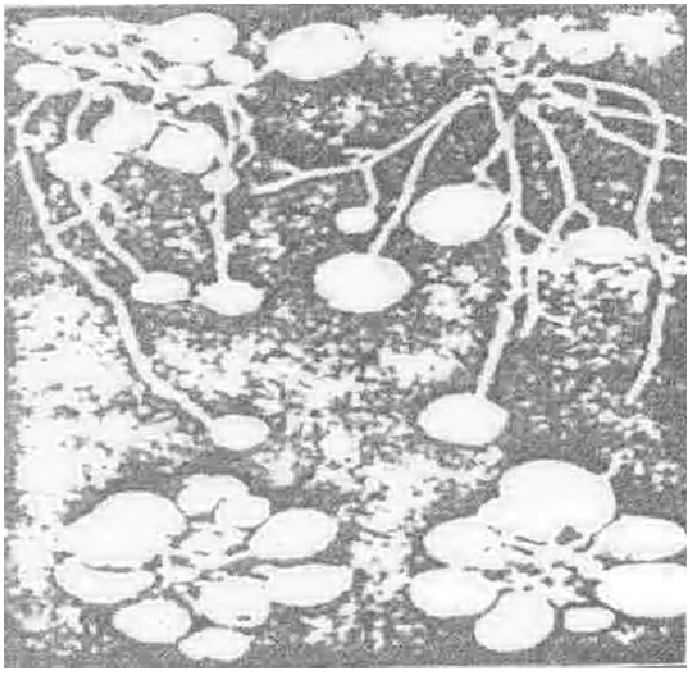
می شوند. تعداد گل در گیاه متفاوت است. در بعضی از واریته‌ها گل‌ها قبل از عمل لقاح می‌ریزند در صورتی که در برخی دیگر عمل لقاح صورت گرفته و منجر به تولید میوه و بذر می‌گردد. میوه‌ها در همه نقاط ظاهر نمی‌شوند و گل‌ها فقط در آب و هوای ملایم و ییلاقی منتهی به میوه می شوند. رنگ میوه اغلب سبز است ولی در بعضی اوقات نیز به رنگ سیاه و یا بنفش در می‌آید. بذر سیب زمینی بندرت برای ازدیاد بکار می رود زیرا نهالی که از بذر به دست می‌آید، هیچ‌گاه محصولی شبیه پایه مادری نخواهد داد. از بذر سیب زمینی تنها برای ایجاد واریته‌های جدید در کارهای تحقیقاتی و در آزمایشگاه استفاده می‌شود. از نظر گیاه‌شناسی سیب زمینی که از بذر تولید می‌شود دارای ریشه اصلی عمودی بوده که مقدار زیادی ریشه‌های فرعی آن را احاطه می‌کنند. سیب زمینی که از غده تولید می‌گردد دارای ریشه‌های افشان است. ریشه‌ها از قسمت انتهای ساقه و تعداد اندکی نیز از استولون‌ها منشعب می شوند. اکثر ریشه ها در قسمت‌های سطحی خاک پراکنده می‌شوند. ولی تعدادی نیز وجود دارند که از طریق شکاف های موجود در خاک در اعماق زیادی نفوذ می‌کنند (شکل ۱-۱).



شکل۱-۱ سیستم ریشه ای سیب زمینی در حال رسیدن رقم Bliss's Triumph

استولون ها یا ساقه های زیر زمینی از جوانه هایی که در قسمت زیر زمینی انتهای ساقه وجود دارند تولید می شوند که در مراحل بعدی می توانند به درجات دیگری منشعب شوند. غده‌های تازه از

ضخیم شدن انتهای استولون ها حاصل می شوند. قرار گرفتن غده مادری در عمق مناسب، کمبود نور و زیر خاک بودن کامل غده ها، تولید استولون ها و غده های تازه را افزایش می دهد.
بر عکس چنانچه از روی استولون ها خاک را برداریم و نور به آنها برسد، ساقه های هوایی ایجاد می‌شود. همچنین در مواقع قطع شیره‌گیاهی از برگ‌ها به طرف استولون‌ها (بیماری قارچی ریزکتون)، غده های تازه در نزدیکی سطح خاک و در مواردی نیز در نزدیکی برگ‌ها به وجود می‌آیند.
طول استولون ها نسبت به نوع سیب زمینی فرق می‌کند و عوامل خارجی نیز روی طول استولون‌ها تأثیر دارند. استولون های کوتاه و یکسان عمل برداشت را آسان می‌کنند (شکل۱-۲).
به جوانه‌هایی که روی غده سیب زمینی وجود دارند چشمک گویند و از نوع مرکب‌اند. چشمک ها بسته به گونه های مختلف در عمق های متفاوت روی غده ها قرار می‌گیرند. غده‌های سیب زمینی نیز بسته به ارقام مختلف دارای شکل، رنگ و قطر مختلفی است.

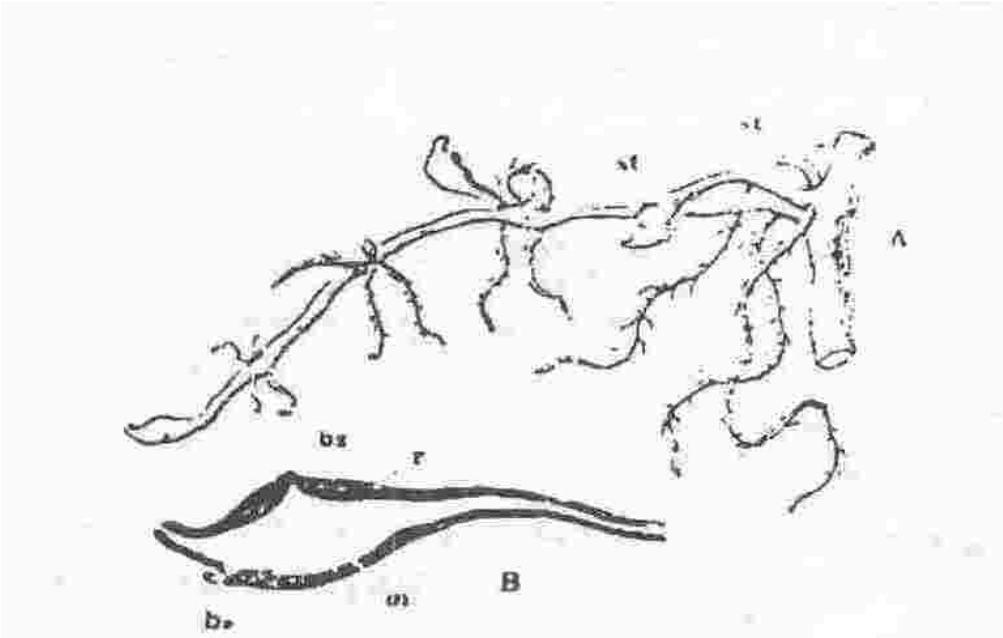


شکل۱-۲ انواع استولون ها در سیب زمینی

تغییرات آب و هوایی به ویژه مواقعی که پس از یک دوره خشک طولانی، آب زیادی در اختیار گیاه قرار گیرد، تغییراتی در شکل غده ها به وجود می‌آید که نسبت به گونه‌های مختلف سیب زمینی متفاوتند. این تغییرات را می توان در بد شکل شدن و ترک خوردن غده ها، کوچک ماندن و غده های به اصطلاح زنجیره‌ای مشاهده کرد. غده سیب زمینی از لایه های مختلفی تشکیل شده است پوشش خارجی غده همان پوست یا پیریدرم است. از وظایف پیریدرم محافظت غده در

مقابل رطوبت و بیماری‌های قارچی است. دیواره سلول های چوب پنبه‌ای از اسیدهای چرب پلی مریزه شده با وزن مولکولی زیاد تشکیل شده است. سلول‌های غیر فعال چوب پنبه‌ای باعث می شوند که پوست به رنگ قهوه‌ای در آید. رنگ های دیگر پوست مربوط به ماده آنتوسیانین است که در جداره سلول‌های پارانشیمی قرار می‌گیرند. چنانچه پوست غده به وسیله عواملی صدمه ببیند، لایه سلول‌های زیرین (Phellogen) (فلوژن = لایه زاینده پوست گیاهان دولپه‌ای) قادرند با ذخیره کردن ماده سوبرین (Subrin) که یک نوع اسید چرب پلی مریزه شده است، پس از مدتی کوتاهی محل زخم را به طور موقت شفا دهد (برای ذخیره شدن سوبرین نفوذ اکسیژن ضروری است). هم زمان با آن لایه کامبیوم (Cambium) آوندها که به طرفین رشد می‌یابند با تولید لایه هایی از سلول‌های چوپ پنبه‌ای محل زخم را کاملاً ترمیم می‌کنند.

سطح خارجی غده های نارس اغلب با پوسته های نازکی که به راحتی جدا می شود پوشانده می شوند (شکل۱-۳). از آنجایی که سطح لایه چوب پنبه‌ای که به صورت بافت مرده است نمی تواند خود را با رشد تدریجی غده وفق دهد، به همین دلیل در غده‌های نارس پوست غده پاره شده و مجدداً ساخته می شود. ابتداء پس از پایان یافتن رشد قطری غده ها پوست حقیقی که سفت و صاف است، ساخته می شود.



شکل۱-۳ تشکیل غده در سیب زمینی . A= ساقه زیرزمینی با استولن، B= برش غده تازه، b_S= چشم، r= پارانشیم، m= مغز .

زیر پیریدرم لایه زیرپوستی قرار دارد که از دو قسمت تشکیل شده است. قسمتی که مستقیماً زیر پوست قرار دارد کورتکس(Cortex) نام دارد و به ضخامت حدود ۲ میلی‌متر است. سلول‌های

کورتکس دارای مقدارکمی نشاسته ولی برعکس دارای مقادیر زیادی پروتئین است. قسمت دیگر که به پارانشیم ذخیره‌ای موسوم است، لایه آوندهای چوب و آبکش را می پوشاند. این قسمت دارای دیواره نازکی است که سلول های پارانشیمی آن مملو از نشاسته است. لایه آوندی در برش طولی و یا عرضی سیب زمینی به خوبی مشخص است. این لایه علاوه بر بافت هادی آبکش در خارج که برای حمل مواد آلی است. دارای بافت چوبی نیز است که وظیفه حمل آب را بر عهده دارد. پس از لایه آوندی قسمت مغز است که به دلیل مواد تشکیل دهنده آن به دو قسمت مغز خارجی و مغز داخلی تقسیم می شود. مغز خارجی که در نزدیکی لایه آوندی قرار دارد، از مغز داخلی که دارای سلول‌های بزرگتری است نشاسته بیشتری دارد.

۱-۳-۳ اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی

در ۱۰۰ گرم غده سیب زمینی حدود ۷۵ تا ۸۰ گرم آب، ۲۱ گرم کربوهیدرات (قسمت اعظم آن از نشاسته و مابقی آن دارای قندهای حلال است)، حدود ۲ گرم پروتئین (۵۰ درصد آن از آمیدها و اسیدهای آمینه)، ۱/۱ گرم املاح معدنی به ویژه پتاس و بالاخره مقادیری چربی و سلولز وجود دارد (جدول۱-۱ و۱-۲). سیب زمینی چهارمین گیاه زراعی از نظر تولید بعد از گندم، ذرت و برنج است (جدول ۱-۳).

جدول۱-۱ مواد غذایی موجود در سیب زمینی (گرم در ۱۰۰ گرم غده)

آب	پروتئین	چربی	کربوهیدرات	مواد سلولزی
۷۷/۸	۲/۰	۰/۱	۱۴/۸	۲/۵

جدول۱-۲ املاح معدنی و ویتامین های موجود در سیب زمینی (میلی گرم در ۱۰۰ گرم غده)

کلسیم	فسفر	آهن	منیزیم	پتاسیم	ویتامین A	ویتامین C	ویتامین B_1	ویتامین B_2	ویتامین B_6
۱۰/۰	۵۰/۰	۰/۸	۲۵/۰	۴۵۵	۰/۰۱	۱۷/۰	۰/۱۱	۰/۰۴	۱/۲۲

اهمیت سیب زمینی بخاطر ارزش غذایی خاص، سازگاری خوب با شرایط آب و هوایی و شرایط انباری و حمل و نقل آسان آن است. از این نظر در اقصی نقاط جهان به کشت آن اقدام می‌شود. مهم‌ترین مناطق تولیدکننده سیب زمینی در ایران استان های زنجان، آذربایجان شرقی و غربی، همدان، اصفهان، فارس و خراسان است.

مواد تشکیل دهنده سیب زمینی بسته به نوع رقم، نوع زمین، روش‌کشت، مقدار کود، میزان رسیدگی غده و شرایط انباری متفاوت است. همان طوری که ملاحظه می شود در سیب زمینی مقادیر زیادی ویتامین مثل ویتامین C و ویتامین های B_1، B_2 و A وجود دارد. پتاس در سیب زمینی به حد کافی موجود است. در این گیاه مواد رنگی، اسید های آلی، هورمون ها و دیاستاز نیز وجود دارد.

جدول۱-۳ تولید جهانی سیب زمینی

قاره/کشور	سطح زیر کشت (۱۰۰۰هکتار)	مقدار تولید (۱۰۰۰ هکتار)	متوسط عملکرد (۱۰۰۰ هکتار)
جهان	۱۸۱۹۱	۲۶۵۴۳۶	۱۴/۶
آفریقا	۷۴۵	۷۹۸۱	۱۰/۷
آمریکای شمالی و مرکزی	۷۹۵	۲۶۰۰۳	۳۲/۷
آمریکای جنوبی	۹۳۵	۱۱۸۷۳	۱۲/۷
آسیا	۵۷۵۵	۷۸۶۶۳	۱۳/۷
اروپا	۹۹۱۳	۱۳۹۵۰۵	۱۴/۱
اقیانوسیه	۴۵	۱۴۱۱	۲۸/۸
مهمترین کشورهای تولید کننده			
چین	۳۲۰۲	۴۰۰۳۹	۱۲/۵
ایالات متحده	۵۵۷	۲۰۸۳۵	۳۷/۴
شوروی سابق	۳۴۰۰	۳۳۷۸۰	۹/۹
لهستان	۱۶۹۷	۲۳۰۵۸	۱۳/۶
انگلستان	۱۷۱	۷۰۶۵	۴۱/۴
اوکراین	۱۵۲۷	۱۶۱۰۲	۱۰/۵
آلمان	۲۹۳	۹۲۵۷	۳۱/۶
هندوستان	۱۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵/۰
هلند	۱۷۲	۷۷۴۸	۴۵/۱
بلاروس	۷۵۰	۸۲۴۱	۱۱/۰

مقدار ویتامین C در سیب زمینی بیش از سایر ویتامین ها و مواد معدنی در آن است. غده های تازه دارای مقادیر زیادی ویتامین C اند که با بزرگ شدن غده ها از مقدار آن کاسته می شود. همان