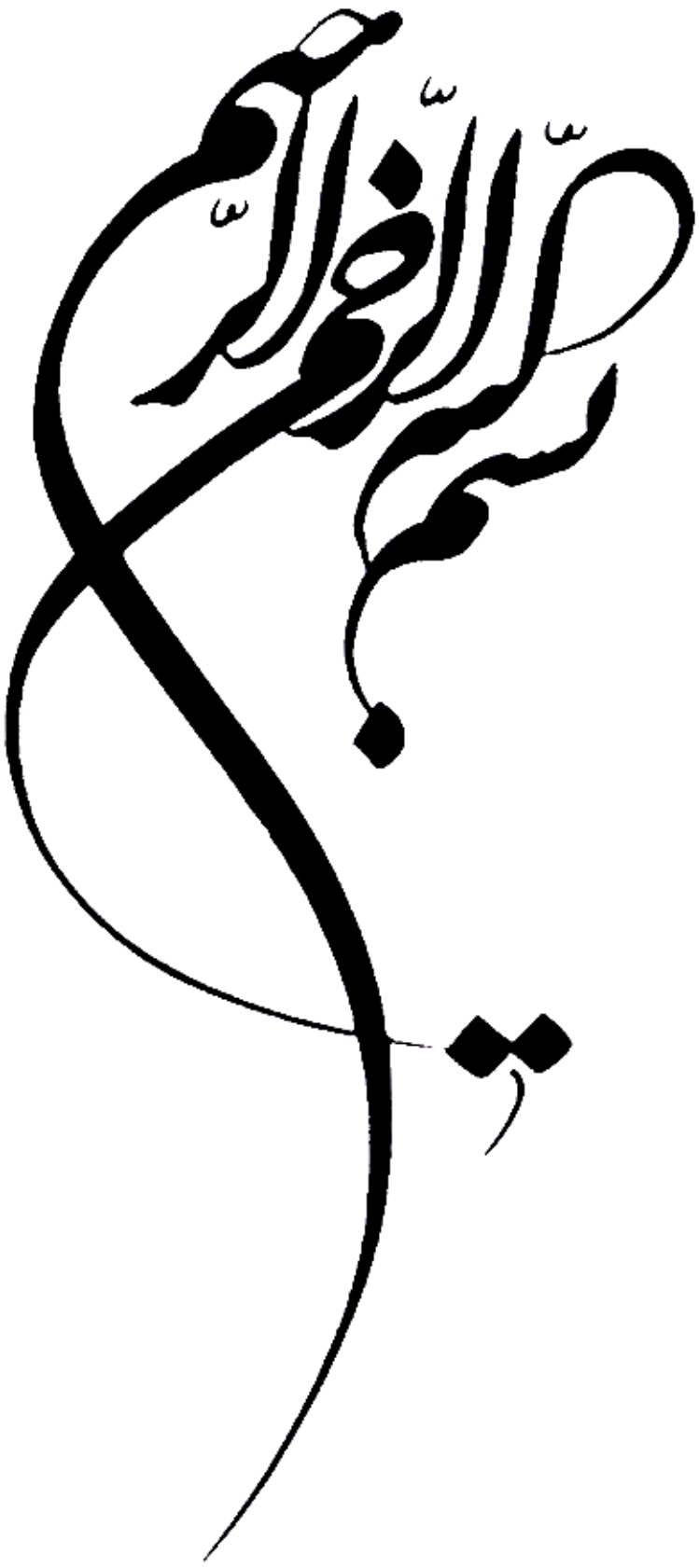
بسم الله الرحمن الرحیم

**تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه**

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب احمد سخدری دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۸۹۳۳۴۴۳۱۰۸ که در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۳۰ از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان مطالعه همبستگی و تجزیه علیت بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی روی ارقام تجاری سیب‌زمینی و انگشت نگاری آنها به کمک نشانگر مولکولی ISSR
دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام ونام خانوادگی دانشجو: احمد سخدری
امضا
تاریخ

**دانشکده‌ی کشاورزی**

**گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات**

**پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد**

**در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات**

## عنوان:

مطالعه همبستگی و تجزیه علیت بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی روی ارقام تجاری سیب‌زمینی و انگشت نگاری آنها به کمک نشانگر مولکولی ISSR

**اساتید راهنما:**

**دکتر علی اصغری**

**دکتر سعید ملک زاده شفارودی**

**اساتید مشاور:**

**دکتر مهناز کیانی فریز**

**دکتر حمیدرضا محمددوست چمن آباد**

**پژوهشگر:**

**احمد سخدری**

**تابستان ۹۲**

**دانشکده‌ی کشاورزی**

**گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات**

## پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
## در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات

# عنوان:

مطالعه همبستگی و تجزیه علیت بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی روی ارقام تجاری سیب‌زمینی و انگشت نگاری آنها به کمک نشانگر مولکولی ISSR


**پژوهشگر:**

**احمد سخدری**


**ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی عالی**

| نام و نام خانوادگی | مرتبه‌ی علمی | سمت | امضاء |
|---|---|---|---|
| دکتر علی اصغری | دانشیار | **استاد راهنمای اول و رییس کمیته‌ی داوران** | |
| دکتر سعید ملک‌زاده شفارودی | استادیار | **استاد راهنمای دوم** | |
| دکتر مهناز کیانی فریز | استادیار | **استاد مشاور اول** | |
| دکتر حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد | دانشیار | **استاد مشاور دوم** | |
| دکتر امید سفالیان | استادیار | **داور داخلی** | |

**شهریور – ۹۲**

# تقدیم به:

**به پدرم، که درس تلاش و سرسختی را از او آموختم.**

**به مادرم، مظهر صبر و مهربانی که هرچه دارم از اوست.**

**دو فرشته مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی رسم**

**و موهایشان سپیدی گرفت تا من سپیدروی شوم**

**تقدیم به برادر و خواهر عزیزم، داماد و دوست خوبم که همگی‌شان یار و یاور من بوده و هستند.**

**و تقدیم به مهربان فرشتگانی که:**

**لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه هـای یکتـا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست.**

# سپاسگزاری:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درورد بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ" :

از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر ملک‌زاده شفارودی به جهت تلاش‌ها و زحمات بی وقفه شان در به ثمر رسیدن این پایان نامه که از هیچ حمایتی دریغ نورزیدند، از استاد گرامی، جناب آقای دکتر اصغری که در طول این پژوهش از پشتیبانی و حمایت‌هایشان بهره برده‌ام، از اساتید مشاورم سرکار خانم دکتر کیانی فریز و جناب آقای دکتر محمددوست چمن آباد، از تمامی این عزیزان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

جا دارد تشکر و قدردانی ویژه‌ای از آقایان مهندس امین امانی، مهندس علی شوروزدی و مهندس امین مزینانی نمایم که در طی اجرای این پایان نامه زحمت فراوانی متقبل شدند و از هیچ کمکی دریغ نکردند. همچنین از آقای مهندس ایمان عشقی، سرکار خانم مهندس هما میرشاهی و سرکار خانم مهندس هما ضرغامی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: سخدری نام: احمد

عنوان پایان‌نامه: مطالعه همبستگی و تجزیه علیت بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی روی ارقام تجاری سیب‌زمینی و انگشت نگاری آنها به کمک نشانگر مولکولی ISSR

استاد (اساتید) راهنما: دکتر علی اصغری، دکتر سعید ملک زاده شفارودی

استاد (اساتید) مشاور: دکتر مهناز کیانی فریز، دکتر حمیدرضا محمد دوست چمن آباد

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: مهندسی کشاورزی گرایش: اصلاح نباتات

دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: کشاورزی تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۰۶/۳۰ تعداد صفحات: ۱۳۲

چکیده: ارقام تجاری سیب‌زمینی ساختار ژنتیکی متفاوتی دارند و شناسایی این ارقام از یکدیگر امری ضروری است. استفاده از نشانگرهای ISRR به علت سادگی و بالا بودن سرعت تکنیک، ایجاد الگوی نواری منحصر به فرد و حجم اطلاعات زیاد برای انگشت‌نگاری مولکولی مناسب می‌باشد. تنش رطوبتی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر رابطه علت و معلولی میان صفات دارد. تجزیه علیت مقدار اثرات مستقیم و غیرمستقیم از اجزای علت و معلولی را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر، در آزمایش نخست چندشکلی ۱۶ آغازگر ISSR در بیست رقم تجاری سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت که تنها ۶ آغازگر تنوع خوبی نشان دادند. در مجموع ۶۵ باند DNA تولید شد که از بین آنها ۶۱ نوار (۹۳/۸۵٪) چندشکل و ۴ نوار تک‌شکل بودند. متوسط PIC، ۰/۳۰ و شاخص اطلاعات شانون و نی در این افراد به‌ترتیب برابر ۰/۵ و ۰/۳۳ بود. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از الگوریتم UPGMA و مدل محاسبه فاصله بر اساس تعداد اختلافات ( Number of differences)، انجام شد. بر این اساس ژنوتیپ‌ها به پنج گروه منتسب شدند. تجزیه واریانس مولکولی نشان داد که واریانس درون گروه‌ها (۹۲ درصد) سهم بیشتری در تبیین واریانس مولکولی کل در مقایسه با واریانس بین گروه‌ها (ارقام زودرس و دیررس) داشت. بیشترین شاخص اطلاعات شانن و تنوع ژنی نی مربوط به آغازگر UBC835 و کمترین شاخص اطلاعات شانن و تنوع ژنی نی به ترتیب مربوط به آغازگرهای UBC827 و UBC855 بود. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نشانگرهای ISSR، سه مؤلفه اصلی، در مجموع ۶۷/۲۴ درصد تغییرات مولکولی کل را تبیین کردند. رگرسیون بر اساس روش گام به گام برای صفت عملکرد و بر اساس داده‌های ISSR دو مدل پیشنهاد نمود، که در بهترین مدل نوار ۱ و ۷ نشانگر UBC827 قرار گرفتند. همچنین، در آزمایش دوم به منظور یافتن همبستگی و روابط علت و معلولی بین خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی (وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک اندام های هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد غده درشت، تعداد کل غده، وزن تر غده های درشت و عملکرد ) در شرایط تنش رطوبتی و نرمال در مهمترین ارقام تجاری سیب-زمینی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تجزیه واریانس چند متغیره اختلاف معنی داری بین سطوح تنش و بین ارقام مورد مطالعه نشان داد. در تجزیه واریانس تک متغیره نیز اختلاف بین ارقام مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد برای کلیه صفات معنی‌دار بود. مقایسه گروهی در شرایط تنش و نرمال در اغلب صفات متفاوت بود. بطوریکه در شرایط تنش رطوبتی برای صفت عملکرد آرنوا مقاوم و رقم بامبا حساس بود. نتایج همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در شرایط تنش نشان داد، وزن تر غده‌های درشت، همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دارند و از مهمترین اجزای مؤثر بر عملکرد محسوب می‌شوند. تجزیه خوشه‌ای داده‌های کمی در شرایط نرمال ارقام را به سه گروه منتسب نمود که با تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش متفاوت بود. تجزیه خوشه‌ای داده‌های کمی در شرایط تنش رطوبتی نیز ارقام را به سه گروه مجزا نمود.

کلید واژه‌ها: ۱- تجزیه علیت ۲- سیب‌زمینی ۳- انگشت‌نگاری مولکولی ۴- نشانگر ISSR

# فهرست مطالب

**شماره و عنوان مطالب** **صفحه**


فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت اقتصادی سیب‌زمینی ۵

۱-۳- مصارف و فواید سیب‌زمینی ۷

۱-۴- سطح زیرکشت، تولید و عملکرد سیب‌زمینی در ایران و جهان ۸

۱-۵- نحوه سازمان‌یابی ژنوم سیب‌زمینی ۱۱

۱-۶- ارقام سیب‌زمینی ۱۲

۱-۷- اهمیت تنوع ژنتیکی و لزوم مطالعه آن ۱۳

۱-۸- روش‌های برآورد تنوع ژنتیکی ۱۵

۱-۹- نشانگرهای مولکولی ۱۵

۱-۱۰- معیارهای انتخاب نشانگرهای مولکولی ۱۷

۱-۱۰-۱- نشانگر **ISSR** و مزایای آن ۱۷

۱-۱۱- کاربرد نشانگرهای مولکولی در بررسی تنوع ژنتیکی گیاه سیب‌زمینی ۱۸

۱-۱۲- اهمیت نشانگرهای مولکولی در انگشت نگاری **DNA** ۱۹

۱-۱۲-۱- انگشت نگاری‌های **DNA** مربوط به خانواده **Solanaceae** و گیاه سیب‌زمینی ۲۰

۱-۱۳- تجزیه علیت ۲۱

۱-۱۳-۱- تجزیه علیت و همبستگی صفات مربوط به خانواده **Solanaceae** و گیاه سیب‌زمینی ۲۲

۱-۱۴- تنش خشکی ۲۳

۱-۱۴-۱- مکانیزم‌های مقاومت به تنش خشکی ۲۴

۱-۱۴-۲- صفات فیزیولوژیکی و مقاومت به تنش خشکی ۲۵

۱-۱۴-۲-۱- ریشه و ساقه ۲۵

۱-۱۴-۲-۲- برگ ۲۶

۱-۱۴-۲-۳- غده ۲۶

۲-۱- مواد گیاهی مورد استفاده و محل آزمایش ۳۰


## فصل دوم: مواد و روش تحقیق


۲-۲- آزمایش نخست (انگشت نگاری **DNA** ارقام تجاری سیب‌زمینی) ۳۰

۲-۲-۱- مواد گیاهی و استخراج **DNA** ۳۰

۲-۲-۳- تفکیک محصولات تکثیری ۳۴

۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها..... ۳۴
۲-۲-۴-۱- امتیازدهی الگوی باندی نشانگرها..... ۳۴
۲-۲-۴-۲- تعیین چندشکلی نشانگرها..... ۳۴
۲-۲-۴-۳- روابط بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها..... ۳۵
۲-۳- آزمایش دوم (تجزیه علیت برخی از صفات مهم مورفوفیزیولوژیک سیب‌زمینی در شرایط تنش رطوبتی و شاهد)..... ۳۵
۲-۳-۱- عملیات کاشت..... ۳۵
۲-۳-۲- نحوه اجرای آزمایش..... ۳۶
۲-۳-۳- صفات مورد ارزیابی..... ۳۷
۲-۳-۳-۱- تعیین وزن خشک ساقه..... ۳۷
۲-۳-۳-۲- تعیین وزن خشک برگ..... ۳۷
۲-۳-۳-۳- تعیین وزن خشک کل اندام‌های هوایی..... ۳۷
۲-۳-۳-۴- تعیین وزن خشک ریشه..... ۳۷
۲-۳-۳-۵- شمارش تعداد غده‌ها و تعیین وزن تر غده‌ها (عملکرد)..... ۳۸
۲-۳-۳-۶- شمارش تعداد غده‌های درشت و تعیین وزن تر غده‌های درشت..... ۳۸
۲-۳-۴- تجزیه آماری داده‌ها..... ۳۸
۲-۳-۴-۱- فرض های تجزیه واریانس..... ۳۸
۲-۳-۴-۲- تجزیه واریانس چند متغیره و تک متغیره..... ۳۹
۲-۳-۴-۳- همبستگی، رگرسیون چندگانه و تجزیه علیت..... ۳۹

## فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمایش نخست..... ۴۱
۳-۱-۱- استخراج **DNA**..... ۴۱
۳-۱-۲- تجزیه مولکولی..... ۴۱
۳-۱-۲-۱- چندشکلی **DNA** ارقام سیب‌زمینی توسط آغازگرهای**ISSR**..... ۴۱
۳-۱-۲-۲- کارایی آغازگرهای **ISSR** در سیب‌زمینی..... ۴۳
۳-۱-۲-۳- تجزیه واریانس مولکولی..... ۴۷
۳-۱-۲-۴- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی بر اساس نشانگرهای **ISSR**..... ۴۹
۳-۱-۲-۵- تجزیه به مؤلفه‌های هماهنگ اصلی..... ۵۴
۳-۱-۲-۶- همبستگی بین نشانگرهای **ISSR** و صفات زراعی..... ۵۵
۳-۱-۲-۷- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت عملکرد..... ۵۹
۳-۱-۲-۸- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت وزن خشک ساقه..... ۶۱
۳-۱-۲-۹- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت وزن خشک برگ..... ۶۲

۳-۱-۲-۱۰- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی..... ۶۴
۳-۱-۲-۱۱- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت وزن خشک ریشه..... ۶۵
۳-۱-۲-۱۲- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت تعداد کل غده..... ۶۷
۳-۱-۲-۱۳- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت تعداد غده‌های درشت..... ۶۸
۳-۱-۲-۱۴- رگرسیون چندگانه بر اساس داده‌های **ISSR** برای صفت وزن تر غده‌های درشت..... ۶۹
۳-۲- آزمایش دوم..... ۷۰
۳-۲-۱- فرض‌های تجزیه واریانس..... ۷۰
۳-۲-۱-۱- تجزیه واریانس چند متغیره..... ۷۱
۳-۲-۱-۲- تجزیه واریانس ساده صفات مورد مطالعه..... ۷۲
۳-۲-۲- مقایسه میانگین شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی از نظر صفات مورد ارزیابی..... ۷۲
۳-۲-۲-۱- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت وزن خشک برگ..... ۷۲
۳-۲-۲-۲- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت وزن خشک ساقه..... ۷۵
۳-۲-۲-۳- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت وزن خشک اندام‌های هوایی..... ۷۶
۳-۲-۲-۴- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت وزن خشک ریشه..... ۷۷
۳-۲-۲-۵- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت تعداد غده‌های درشت..... ۷۸
۳-۲-۲-۶- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت تعداد کل غده..... ۸۰
۳-۲-۲-۷- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت وزن تر غده‌های درشت..... ۸۱
۳-۲-۲-۸- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفت عملکرد..... ۸۲
۳-۲-۳- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی..... ۸۴
۳-۲-۳-۱- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در شرایط نرمال (شاهد)..... ۸۴
۳-۲-۳-۲- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش ( غده‌دهی تا برداشت)..... ۸۵
۳-۲-۴-رگرسیون چندگانه در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۸
۳-۲-۵- تجزیه علیت..... ۹۰
۳-۲-۵-۱- تجزیه علیت در شرایط نرمال..... ۹۰
۳-۲-۵-۲- تجزیه علیت در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۰
۳-۲-۶- تجزیه خوشه‌ای ارقام مورد مطالعه با استفاده از صفات کمی..... ۹۳
۳-۲-۶-۱- تجزیه خوشه‌ای ارقام مورد مطالعه با استفاده از صفات کمی در شرایط نرمال..... ۹۳
۳-۲-۶-۲- تجزیه خوشه‌ای ارقام مورد مطالعه با استفاده از صفات کمی در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۶
۳-۳- نتیجه‌گیری کلی..... ۹۹
۳-۴- پیشنهادات..... ۱۰۱
پی نویس..... ۱۰۲
فهرست منابع و مآخذ..... ۱۰۳
پیوست‌ها و ضمائم :..... ۱۱۴

# فهرست جدول‌ها

**شماره و عنوان جدول** **صفحه**


جدول ۲-۱- مشخصات ارقام تجاری سیب‌زمینی..... ۳۱
جدول ۲-۲- اجزای واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای آغازگرهای **ISSR**..... ۳۲
جدول ۲-۳- مشخصات آغازگرهای مورد استفاده در بررسی چندشکلی گیاه سیب‌زمینی..... ۳۲
جدول ۲-۴- مشخصات آغازگرهای **ISSR** مورد استفاده در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز..... ۳۳
جدول ۲-۵- برنامه واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای آغازگرهای **ISSR**..... ۳۳
جدول ۳-۱- چندشکلی تولید شده توسط آغازگرهای **ISSR** در ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی..... ۴۲
جدول ۳-۲- کارایی آغازگرهای **ISSR** در مطالعه چندشکلی ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی..... ۴۳
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس مولکولی (**AMOVA**) ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی..... ۴۸
جدول ۳-۴- همبستگی بین نشانگرهای **ISSR** و صفات زراعی اندازه‌گیری شده..... ۵۸
جدول ۳-۵- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای عملکرد با استفاده از روش گام به گام..... ۵۹
جدول ۳-۶- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت عملکرد)..... ۵۹
جدول ۳-۷- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای عملکرد بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۰
جدول ۳-۸- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای وزن خشک ساقه با استفاده از روش گام به گام..... ۶۱
جدول ۳-۹- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت وزن خشک ساقه)..... ۶۲
جدول ۳-۱۰- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت وزن خشک ساقه بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۲
جدول ۳-۱۱- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت وزن خشک برگ با استفاده از روش گام به گام..... ۶۳
جدول ۳-۱۲- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت وزن خشک برگ)..... ۶۳
جدول ۳-۱۳- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت وزن خشک برگ بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۳
جدول ۳-۱۴- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی با استفاده از روش گام به گام..... ۶۴
جدول ۳-۱۵- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت وزن خشک اندام‌های هوایی)..... ۶۵
جدول ۳-۱۶- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت وزن خشک اندام‌های هوایی بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۵
جدول ۳-۱۷- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت وزن خشک ریشه با استفاده از روش گام به گام..... ۶۶
جدول ۳-۱۸- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت وزن خشک ریشه)..... ۶۶
جدول ۳-۱۹- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت وزن خشک ریشه بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۶

جدول ۳-۲۰- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت تعداد کل غده با استفاده از روش گام به گام..... ۶۷
جدول ۳-۲۱- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت تعداد کل غده)..... ۶۷
جدول ۳-۲۲- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت تعداد کل غده بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۷
جدول ۳-۲۳- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت تعداد غده‌های درشت با استفاده از روش گام به گام..... ۶۸
جدول ۳-۲۴- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت تعداد غده‌های درشت)..... ۶۸
جدول ۳-۲۵- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت تعداد غده‌های درشت بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۶۹
جدول ۳-۲۶- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس نشانگرهای **ISSR** برای صفت وزن تر غده‌های درشت با استفاده از روش گام به گام..... ۶۹
جدول ۳-۲۷- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی (صفت وزن تر غده‌های درشت)..... ۷۰
جدول ۳-۲۸- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیونی برای صفت وزن تر غده‌های درشت بر اساس داده‌های **ISSR**..... ۷۰
جدول ۳-۲۹- تجزیه واریانس چند متغیره به‌صورت کرت‌های خرد شده در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی..... ۷۲
جدول ۳-۳۰- تجزیه واریانس چند متغیره به‌صورت فاکتوریل در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی..... ۷۲
جدول ۳-۳۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی به‌صورت آزمایش فاکتوریل..... ۷۴
جدول ۳-۳۲- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد ارزیابی ارقام سیب‌زمینی در شرایط نرمال (شاهد)..... ۸۴
جدول ۳-۳۳- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد ارزیابی ارقام سیب‌زمینی درشرایط تنش (غده‌دهی تا برداشت)..... ۸۶
جدول ۳-۳۴- مدل‌های پیشنهادی رگرسیون بر اساس روش گام به گام برای صفت عملکرد به عنوان صفت وابسته در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۹
جدول ۳-۳۵- تجزیه واریانس مدل‌های پیشنهادی رگرسیون در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۹
جدول ۳-۳۶- ضرایب رگرسیون برای مدل‌های پیشنهادی در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۰
جدول ۳-۳۷- اثرات مستقیم صفات بر عملکرد در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۳
جدول ۳-۳۸- اثرات غیر مستقیم صفات بر عملکرد در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۳
جدول ۳-۳۹- تجزیه واریانس صفات مختلف بر اساس گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال..... ۹۵
جدول ۳-۴۰- مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مختلف در شرایط نرمال..... ۹۵
جدول ۳-۴۱- تجزیه واریانس صفات مختلف بر اساس گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۷
جدول ۳-۴۲- مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مختلف در شرایط نرمال..... ۹۸

# فهرست شکل‌ها

**شماره و عنوان شکل** **صفحه**


شکل ۱-۱- توزیع سطح سیب‌زمینی استان‌ها نسبت به کل کشور در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ برگرفته از آمارنامه وزرات جهاد و کشاورزی، ۱۳۹۱..... ۱۰
شکل ۱-۲- توزیع عملکرد سیب‌زمینی استان‌ها نسبت به کل کشور در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ برگرفته از آمارنامه وزرات جهاد و کشاورزی، ۱۳۹۱..... ۱۰
شکل ۳-۱- کیفیت **DNA** استخراجی از نمونه‌های سیب‌زمینی در ژل آگارز ۰/۸درصد ..... ۴۱
شکل ۳-۲- الگوی نواربندی آغازگر **UBC807** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۴
شکل ۳-۳- الگوی نواربندی آغازگر **UBC812** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۵
شکل ۳-۴- الگوی نواربندی آغازگر **UBC827** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۵
شکل ۳-۵- الگوی نواربندی آغازگر **UBC834** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۶
شکل ۳-۶- الگوی نواربندی آغازگر **UBC835** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۶
شکل ۳-۷- الگوی نواربندی آغازگر **UBC855** در بیست ژنوتیپ سیب‌زمینی..... ۴۷
شکل ۳-۸- نمودار درختی مربوط به تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری سیب‌زمینی..... ۴۹
شکل ۳-۹- پراکنش ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی بر اساس دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی..... ۵۶
شکل ۳-۱۰- مقایسه میانگین صفت وزن خشک برگ در شرایط آبیاری نرمال..... ۷۵
شکل ۳-۱۱- مقایسه میانگین صفت وزن خشک برگ در شرایط تنش رطوبتی..... ۷۵
شکل ۳-۱۲- مقایسه میانگین صفت وزن خشک ساقه در شرایط آبیاری نرمال..... ۷۶
شکل ۳-۱۳- مقایسه میانگین صفت وزن خشک ساقه در شرایط تنش رطوبتی..... ۷۶
شکل ۳-۱۴- مقایسه میانگین صفت وزن خشک اندام‌های هوایی در شرایط آبیاری نرمال..... ۷۷
شکل ۳-۱۵- مقایسه میانگین صفت وزن خشک اندام‌های هوایی در شرایط تنش رطوبتی..... ۷۷
شکل ۳-۱۶- مقایسه میانگین صفت وزن خشک ریشه در شرایط آبیاری نرمال..... ۷۸
شکل ۳-۱۷- مقایسه میانگین صفت وزن خشک ریشه در شرایط تنش رطوبتی..... ۷۸
شکل ۳-۱۸- مقایسه میانگین صفت تعداد غده‌های درشت در شرایط آبیاری نرمال..... ۷۹
شکل ۳-۱۹- مقایسه میانگین صفت تعداد غده‌های درشت در شرایط تنش رطوبتی..... ۷۹
شکل ۳-۲۰- مقایسه میانگین صفت تعداد کل غده در شرایط آبیاری نرمال..... ۸۰
شکل ۳-۲۱- مقایسه میانگین صفت تعداد کل غده در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۰
شکل ۳-۲۲- مقایسه میانگین صفت وزن تر غده‌های درشت در شرایط آبیاری نرمال..... ۸۱
شکل ۳-۲۳- مقایسه میانگین صفت وزن تر غده‌های درشت در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۱
شکل ۳-۲۴- مقایسه میانگین صفت عملکرد در شرایط آبیاری نرمال..... ۸۲
شکل ۳-۲۵- مقایسه میانگین صفت عملکرد در شرایط تنش رطوبتی..... ۸۲
شکل ۳-۲۶- تجزیه علیت عملکرد غده با صفات مرتبط در ارقام سیب‌زمینی در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۲
شکل ۳-۲۷- نمودار درختی مربوط به تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری سیب‌زمینی با استفاده از صفات کمی در شرایط نرمال..... ۹۴
شکل ۳-۲۸- نمودار درختی مربوط به تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری سیب‌زمینی با استفاده از صفات کمی در شرایط تنش رطوبتی..... ۹۶

# فصل اول:

# مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

**مقدمه**

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) گیاهی است چندساله و اتوتتراپلوئید از تیره Solanaceae که در زراعت به‌عنوان گیاهی یکساله جهت استفاده از غده زیرزمینی آن، کشت می‌گردد. این گیاه بومی کشورهای بولیوی و پرو می‌باشد و بعد از ذرت، دارای گسترده‌ترین توزیع در دنیا است. سیب‌زمینی در حدود ۱٤۰ کشور جهان، در سطح وسیعی کشت می‌شود و می‌توان آن را در گروه محصولات بسیار غنی از لحاظ ارزش غذایی قرار داد.

افزایش بی‌رویه جمعیت در طول دهه‌های اخیر و لزوم تأمین نیاز غذایی آن‌ها حاکی از اهمیت گیاهان زراعی دارد. روزیل و هومبلین (۱۹۸۱) اعتقاد داشتند که انتخاب بر اساس عملکرد تحت شرایط تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش می‌شود. عملکرد دارای ژنتیک بسیار پیچیده‌ای بوده و تحت تاثیر چند فرآیند متابولیک، فیزیولوژیک و بیوشمیایی گیاه قرار می‌گیرد (رجبی، ۱۳۸۷). علت عدم موفقیت در بهبود عملکرد، ناشی از وراثت‌پذیری پایین و اثرات شدید محیط است. ارزیابی پژوهش‌های انجام شده در چند دهه اخیر نشان می‌دهد که برای توفیق بیشتر در امر ایجاد مقاومت به تنش‌ها، ارزیابی ژنوتیپ‌ها به طور توأم در شرایط مطلوب و محیط‌های دشوار به همراه گزینش برای صفات فیزیولوژیک موجب افزایش عملکرد شده است (بلوم، ۱۹۸۳؛ مزینانی، ۱۳۹۱).

اطلاع از آثار مستقیم و غیرمستقیم یک جزء از صفت بر روی صفت اصلی، می‌تواند مفید باشد. زیرا، علاوه بر تمیز دادن اثرات مهم، آثار جانبی را نیز مشخص می‌کند (کانگ،۱۹۹٤).

مهمترین خصوصیت سیب‌زمینی جهت اصلاح آن، تکثیر غیرجنسی آن می‌باشد که باعث تثبیت ژنتیکی است. بنابراین، هرگونه گزینش از یک ژرم پلاسم، بدون تغییر خواهد ماند و می‌توان واریته‌های جدید را از نسل $F_1$ تلاقی‌ها گزینش نمود. به همین دلیل است که ارقام سیب‌زمینی به‌شدت هتروزیگوس هستند (دمک و همکاران، ۱۹۹٦).

برای شناسایی تنوع موجود در ژرم پلاسم و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب می‌توان از نشانگرهای مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی استفاده نمود. نشانگرهای مورفولوژیکی دارای معایب زیادی هستند. از جمله اینکه، تعداد آن‌ها کم بوده و تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند و نیز دسترسی به آن‌ها در زمان‌های خاص مشکل می‌باشد. نشانگرهای بیوشیمیایی نیز اندک بوده و از تنوع محدودی برخوردارند. از میان نشانگرهای مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی، نشانگرهای مولکولی DNA کاربرد و اهمیت چشمگیری برای بررسی تنوع ژنتیکی، تشخیص محل ژن‌ها و ترسیم نقشه‌های ژنی پیدا کرده‌اند و این به دلیل بالا بودن دقت، دسترسی آسان به آن‌ها و آنالیز مستقیم ماده ژنتیکی می‌باشد (کاستیلو، ۱۹۹۸). انتخاب نوع نشانگرهای مولکولی به تکرارپذیری و سادگی روش کار آن بستگی دارد. بهترین نشانگرها برای تهیه نقشه ژنومی، انتخاب به کمک نشانگرها و نشانه‌گذاری صفات اقتصادی نشانگری است که دارای هزینه اجرایی پایین و قابلیت اعتماد بالایی باشد (هاگو، ۱۹۹۸).

انگشت‌نگاری DNA گیاه به عنوان ابزاری از تکنیک‌های نشانگرهای مولکولی در جهت شناسایی کولیتوارها تعریف می‌شود. تهیه الگوی انگشت‌نگاری DNA ارقام مختلف در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی مانند گزینش و تایید نتایج هیبرید تأثیر بسزایی دارد و علاوه بر این می‌توان در حفظ گونه‌های بومی مؤثر باشد. این روش در دهه اخیر مورد توجه همگان قرار گرفته است. چرا که، فرآیندی دقیق بوده و از

توالی‌های نوکلوئیدی متفاوت بین افراد نشات می‌گیرد . در این دهه، انگشت نگاری DNA گیاهی، جهشی خیره کننده در جهت دستیابی به نتایج ارزشمند و واقعی داشته است (آرچاک، ۲۰۰۰).

از الیگونوکلئوتیدهای با ردیف تکرارشونده به عنوان آغازگرهای ژنتیکی به وفور در انگشت‌نگاری DNA در گیاهان استفاده می‌شود .از سال ۱۹۹٤، نشانگر مولکولی ISSR برای انگشت‌نگاری DNA بکار گرفته شد. کار کردن با این نشانگرها بسیار ساده است و نیازی به داشتن اطلاعات قبلی از توالی نوکلئوتیدی ژنوم موجود مورد مطالعه نیست. همچنین، وراثت‌پذیری جایگاه‌های ISSR بالا است (زیتکوویچ و همکاران، ۱۹۹٤).

انجام تحقیقات با هدف ارزیابی میزان تنوع ژنتیکی در ارقام سیب‌زمینی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیکی در شرایط عادی و تنش رطوبتی لازم است. لازمه رسیدن به این هدف، شناسایی ژنوتیپ‌های برخوردار از صفات مقاومت به تنش و استفاده این ذخایر بطور مستقیم و یا غیر مستقیم در برنامه‌های اصلاح است.

علیرغم اهمیت گیاه سیب‌زمینی در کشور ما متأسفانه کارهای بسیار کمی در جهت اصلاح ارقام آن به منظور سازگاری با شرایط آب و هوایی کشور و افزایش عملکرد صورت گرفته است. لذا، بررسی میزان تشابهات و تفاوت‌های ژنتیکی مهمترین ارقام تجاری معرفی شده به کشور امری بدیهی و مهم تلقی می-شود. همچنین، با توجه به اینکه تغییر اقلیم در چندساله اخیر در ایران منجر به تغییر پراکنش بارندگی، تغییر دبی رودخانه‌ها و آبدهی چاه‌ها شده است، لذا ضرورت دارد که خصوصیات زراعی و نیز نیاز آبی ارقام جدید و تجاری شناسایی شده و از آب موجود برای بهبود هرچه بیشتر کیفی و کمی عملکرد سیب‌زمینی استفاده شود.

از آنجایی که، مهمترین هدف در اصلاح سیب‌زمینی، افزایش عملکرد و بالابردن کیفیت غده است و نیز غده‌های سیب‌زمینی ارتباط پیچیده‌ای با سایر اجزای وابسته به آن دارند، بنابراین تجزیه علیت و همبستگی در بیشتر مطالعات می‌تواند به محققان کمک نماید تا مقدار اثرات مستقیم و غیرمستقیم از اجزای علی و معلولی را نشان دهند و با دید باز خصوصیاتی را به عنوان عملکرد در نظر گیرند. بعلاوه به اصلاحگران نبات این امکان را می‌دهد تا از نتایج حاصله در برنامه‌های دورگ‌گیری و هتروزیس استفاده نمایند.

بنابراین، این پژوهش با اهداف شناسایی ژنوتیپ‌ها و تهیه شناسنامه نمونه‌های مورد بررسی، طبقه-بندی افراد جمعیت مورد بررسی بر اساس نشانگرهای ISSR، تعیین ضرایب همبستگی بین مهمترین صفات مورفوفیزیولوژیک، تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم برخی از اجزای عملکرد بر روی سیب-زمینی و همچنین تجزیه علیت عملکرد و برخی از اجزای آن در سیب‌زمینی و مقایسه نتایج در شرایط تنش رطوبتی و شاهد انجام گردید.

**۱-۲- اهمیت اقتصادی سیب‌زمینی**

طبق اعلام سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو، ۲۰۱۳) سیب‌زمینی یک محصول کشاورزی اشتغال‌زا و تامین‌کننده امنیت غذایی است که ۸۰۰ میلیون نفر در جهان و ۵۰ هزار کشاورز ایرانی به تولید این محصول اشتغال دارند .با توجه به اهمیت سیب‌زمینی در امنیت غذایی صدها میلیون نفر از مردم دنیا به‌ویژه ساکنان کشورهای در حال توسعه که سرانه مصرف سالانه آن‌ها بیش از ۲۰ کیلوگرم است، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد برای تاکید بر اهمیت این محصول و احیای آن، سال ۲۰۰۸ میلادی را سال بین‌المللی سیب‌زمینی اعلام کرده بود.

سیب‌زمینی از لحاظ اهمیت غذایی در جهان، رتبه چهارم را بعد از گندم، برنج و ذرت داراست . همچنین، از نظر عملکرد تولید هیچ محصولی قادر به رقابت با این محصول نمی‌باشد. استفاده از غده بذری سالم با کیفیت بالا از ارقام مناسب، شرط اساسی تولید در کشاورزی پایدار است. تولید سیب‌زمینی از غده‌های بذری به خاطر سهولت در امر کشت، سرعت و قدرت رشد گیاه، یکنواختی در غده‌های حاصله و پتانسیل تولید بالا، متداول‌ترین روش تکثیر می‌باشد. لذا، تولید تجاری سیب‌زمینی بر استفاده از غده های بذری پایه ریزی شده است( بلندی و حمیدی، ۱۳۸۷).

غده‌ها و ریشه‌های گیاهان نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می‌کنند. در این میان سیب‌زمینی از بهترین آن‌هاست. در بعضی از کشورها، مانند ایرلند، سیب‌زمینی یک ماده غذایی اصلی محسوب می‌شود. اما در اکثر کشورهای جهان سیب‌زمینی مانند غلات از نظر کالری اهمیت دارد. عملکرد در هکتار سیب‌زمینی دو تا سه برابر غلات است. این موضوع اهمیت سیب‌زمینی را از لحاظ اقتصادی دو چندان می‌کند (رضوی و همکاران، ۱۳۷٦).

در دنیای کنونی سیب‌زمینی یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی است. از نظر اهمیت سیب زمینی نسبت به غلات، مواد غذایی و انرژی بیشتری در واحد سطح تولید می‌کند. در آمریکای شمالی، ضرایب تولید ماده خشک سیب‌زمینی در واحد سطح نسبت به ماده خشک حاصل از گندم، جو و ذرت بیشتر است. علاوه بر این، بازده پروتئین در واحد سطح سیب‌زمینی در مقایسه با گیاهان زراعی مذکور بیشتر می‌باشد. در ایران نیز استعداد بالقوه‌ای در زمینه رشد این محصول وجود دارد که جانشین خوبی برای گندم است. در صورت مقایسه مواد پروتئینی و انرژی حاصل از سیب‌زمینی و گندم مشاهده می‌شود که توسعه کشت این محصول در ارتباط با کاهش واردات گندم اهمیت خاصی دارد. سیب زمینی در بیشتر کشورهای

صنعتی، توسعه یافته و در حال توسعه دارای جایگاه مهمی در بین محصولات کشاورزی است. در ایران نیز توجه خاصی به توسعه کمی و کیفی تولید این محصول شده است (مبلی و همکاران، ۱۳۸۸).

ایران در تولید محصول سیب‌زمینی دارای مزیت نسبی است. مزیت نسبی عبارت است از توانایی یک کشور در تولید و صدور کالایی با هزینه‌ای ارزان‌تر. با توجه به وجود مزیت نسبی در تولید محصول سیب‌زمینی و سودآوری اجتماعی و همچنین وجود مزیت نسبی در صادرات این محصول که در مطالعات متعددی به آن اشاره شده است، لزوم مطالعات بیشتر بر روی این گیاه، امری بدیهی و مهم تلقی می‌شود (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵).

**۱-۳- مصارف و فواید سیب‌زمینی**

کمتر از نیمی از کل سیب‌زمینی تولید شده، برای مصارف انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از سیب‌زمینی برای تولید نشاسته در هلند، اروپای شرقی و ژاپن رواج دارد، ولی استفاده از این محصول برای تولید الکل ناچیز است. مقادیر زیادی از سیب زمینی به صورت خوراک دام استفاده می‌شود. افزون بر مصرف غذایی آن، برای تهیه بیش از ۵۰ نوع فرآورده شامل آرد، نان، الکل، وسایل آرایشی، شیرینی، کنسرو، چیپس، گلوکز، کرم جهت تسکین و درمان سوختگی‌های سطحی و غیره استفاده می‌شود (مبلی و همکاران، ۱۳۸۸). غده سیب‌زمینی، علاوه بر داشتن ویتامین‌های B، C، E، اثر ضد اسکوربوت و نرم کننده نیز دارد و در درمان بیماری هپاتیت بسیار مؤثر بوده، و غذایی مفید، سالم و زودهضم است. مصرف آن برای مبتلایان به بیماری قند، توصیه می‌شود. سیب‌زمینی یک منبع خوب آنتی‌اکسیدانی و حاوی اسید آسکوربیک و آلفاتوکوفرول است که اثر یکدیگر را تشدید می‌کنند. سیب‌زمینی حاوی فلاوون آگلیکون‌ها نیز هست که گروه مهمی از ترکیبات فنلی هستند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند.