**دانشکده کشاورزی**
**گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی**

**پایان‌نامه کارشناسی ارشد**

# آزمون‌های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پیله‌خوار (*Helicoverpa armigera* Hub.)

**پرویز عبادی باباجان**

**اسفند ۱۳۹۰**

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

# آزمون‌های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پیله‌خوار (*Helicoverpa armigera* Hub.)

**پرویز عبادی باباجان**

اساتید راهنما:

**دکتر عبدالرضا باقری**

**دکتر سید حسن مرعشی**

اساتید مشاور:

**دکتر نسرین مشتاقی**

**دکتر سعید ملک‌زاده شفارودی**

**اسفند ۱۳۹۰**

دانشکده کشاورزی

گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی

تصویب نامه پایان نامه کارشناسی ارشد

**این پایان نامه با عنوان** «آزمون‌های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پیله‌خوار (*Helicoerpa armigera* Hub.)» **توسط «پرویز عبادی باباجان» در تاریخ ۹۰/۱۲/۲۳ با نمره و درجه ارزشیابی در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.**

**تاریخ دفاع: ۹۰/۱۲/۲۳ نمره و درجه ارزشیابی**

**هیات داوران:**

| ردیف | نام و نام خانوادگی | مرتبه علمی | سمت در هیات | امضا |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | آقای دکتر عبدالرضا باقری | استاد | استاد راهنما | |
| ۲ | آقای دکتر سید حسن مرعشی | دانشیار | استاد راهنما | |
| ۳ | خانم دکتر نسرین مشتاقی | استادیار | استاد مشاور | |
| ٤ | آقای دکتر سعید ملک‌زاده شفارودی | استادیار | استاد مشاور | |
| ٥ | آقای دکتر فرجا... شهریاری | دانشیار | استاد مدعو | |
| ٦ | آقای دکتر سعید وصال | استادیار | استاد مدعو | |
| ۷ | آقای دکتر امین میرشمسی کاخکی | استادیار | نماینده تحصیلات تکمیلی | |

**تعهد نامه**

عنوان پایان‌نامه: **آزمون‌های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پیله‌خوار (*Helicoerpa armigera* Hub.)**

**اینجانب پرویز عبادی باباجان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- بیوتکنولوژی در کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی آقای دکتر عبدالرضا باقری و آقای دکتر سید حسن مرعشی، متعهد می‌شوم:**

- **نتایج ارائه شده در این پایان‌نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.**
- **در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.**
- **مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.**
- **کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان‌نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad ) به چاپ خواهد رسید.**
- **حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.**
- **در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان‌نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.**

تاریخ ۹۰/۱۲/۲۳

نام و امضاء دانشجو


مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

تنش‌های زیستی نظیر آفت پیله خوار از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود محسوب می‌شوند. انتقال ژن به نخود با هدف افزایش مقاومت به این آفت، از اهداف اصلاحی در این گیاه زراعی می‌باشد. یکی از راهبردهای موثر برای تولید نخود تراریخته مقاوم به آفت پیله خوار، استفاده از سموم طبیعی Cry از باکتری باسیلوس تورینجینسیس است. این سموم قادرند در معده حشرات فعال شده و سیستم گوارشی حشره را مختل نمایند. در مطالعه‌ای که توسط مشتاقی و همکاران (۱۳۸۹) صورت گرفت انتقال ژن *cry1Ac* و ژن نشانگر گزینشگر *nptII* در دو T-DNAی جداگانه به گیاه نخود صورت گرفت و حضور این ژن تا نسل T2 در گیاهان تراریخته تایید گردید. در مطالعه حاضر سعی شده است ضمن بررسی ثبات حضور ژن *cry1Ac* و بیان آن در نسل‌های T3 و T4 بتوان به لاینی دست یافت که تنها حاوی ژن *cry1Ac* بوده و ژن *nptII* بر اثر نوترکیبی بین دو T-DNA از آن تفکیک شود. در نسل سوم، در آزمون PCR، از بین ۲۵ نمونه مشکوک به وجود ژن *cry1Ac*، در ٦ مورد باند مربوط به ژن *cry1Ac* و باند مربوط به ژن *nptII* در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد. از بین ٦ نمونه موجود که دارای ژن *cry1Ac* بودند، در آزمون RT-PCR، در ۵ مورد قطعه مربوط به ژن *cry1Ac* تکثیر شد. نتایج PCR در طی نسل چهارم حاکی از وجود باند مربوط به ژن *cry1Ac* در ۷۳ مورد و باند مربوط به ژن *nptII* در ۸۱ نمونه از ۹٤ مورد بود. در ۱۰ نمونه از گیاهان تراریخته که حاوی ژن *cry1Ac* بودند باند مربوط به ژن *nptII* مشاهده نگردید که نشان‌دهنده این مطلب بود که ژن *cry1Ac* از ژن *nptII* تفکیک شده است. همچنین نتایج آزمون RT-PCR نشان داد که در همه گیاهان تراریخته، ژن مورد نظر در سطح RNA بیان شده است. بر اساس نتایج الایزا، در تمام نمونه‌های مورد آزمون، پروتئین Cry1Ac در لاین‌های مختلف، با غلظت‌های متفاوتی بیان شده است. نتایج آزمون زیست سنجی حاکی از آن بود که لاروهایی که با برگ گیاهان غیرتراریخته تغذیه شدند همه‌شان زنده ماندند، اما در مقابل ۱۰۰ درصد لاروهایی که با برگ گیاهان تراریخته تغذیه شدند از بین رفتند که این امر نشان دهنده بروز موفقیت‌آمیز فنوتیپ مورد انتظار می‌باشد.

**کلید واژه**: آفت پیله خوار، نخود تراریخته، Bt، *cry1Ac*

**سپاسگزاری**

سپاس بی‌پایان خداوند بی‌همتا را که این لطف را شامل حالم کرد تا بتوانم در جوار بارگاه ملکوتی امام رضا(ع) تحصیل علم نمایم.

با تقدیر فراوان از آقای دکتر عبدالرضا باقری و آقای دکتر حسن مرعشی که با راهنمایی و مساعدت‌های بی‌دریغ خود برای سامان یافتن این اثر کوشیدند.

با کمال تشکر از خانم دکتر نسرین مشتاقی که با حوصله و زحمت فراوان، مشاورت این طرح را تقبل کردند و توجهی خاص به انجام این طرح داشتند. برای ایشان آرزوی سلامتی و موفقیت را دارم. و تشکر ویژه از آقای دکتر سعید ملک‌زاده که مشاوره‌ی دوم این کار را بر عهده گرفتند.

از اساتید مدعو، آقای دکتر فرجا... شهریاری و آقای دکتر سعید وصال که زحمت تصحیح و داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشکر را دارم

از آقای دکتر امین میرشمسی نماینده تحصیلات تکمیلی به خاطر همکاری ایشان در برگزاری جلسه دفاع پایان‌نامه سپاسگزارم.

از آقای دکتر مسعود توحیدفر و آقای دکتر جواد کریمی که با نظرات ارزشمند خود به انجام تحقیق کمک کردند و سرکار خانم بوستانی تکنسین محترم آزمایشگاه بیوتکنولوژی و آقای مهندس سبک‌خیز مسئول محترم آزمایشگاه گیاهپزشکی که با مساعدت‌های ایشان انجام این پایان نامه تسهیل یافت، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

و با تشکر صمیمانه از: مهندس مهدی شاهسوند، مهندس محسن محمودنیا، مهندس محمد زارع، مهندس بهمن پناهی، مهندس رحیم افضل، مهندس سیدرضا هاشمی و مهندس میثم شعبانی که با در اختیار قرار دادن تجربیات خود به محقق مشورت بلادریغ دادند و همچنین با کمال تشکر از آقای وحید حسنی که با همکاری‌های علمی و برادرانه‌ی خویش موجب تسهیل در انجام این تحقیق شدند و از کلیه دانشجویان گروه و عزیزانی که در انجام این کار به نوعی نقش داشتند.

و با نهایت سپاس از مادرم، برادرم و خواهرانم. آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون آن‌ها را از درگاه باری تعالی خواستارم.

## فهرست مطالب


**فصل اول ..... ۱**

**فصل دوم ..... ۳**

۲-۱ حبوبات و اهمیت آن‌ها ..... ۳

۲-۲ اصلاح نخود ..... ۵

۲-۳ کشت این‌ویترو و انتقال ژن در نخود ..... ۶

۲-۴ پیشرفت‌های حاصل شده در انتقال ژن به نخود ..... ۸

۲-۵ اهمیت اصلاح نخود برای مقاومت به آفات از طریق انتقال ژن ..... ۱۱

۲-۶ باسیلوس تورینجینسیس ..... ۱۳

۲-۷ تنوع و طبقه‌بندی انواع سموم Bt ..... ۱۴

۲-۸ انواع ژن‌های *cry* ..... ۱۵

۲-۸-۱ ژن‌های *cryI* ..... ۱۵

۲-۸-۲ ژن‌های *cryII* ..... ۱۶

۲-۸-۳ ژن‌های *cryIII* ..... ۱۶

۲-۸-۴ ژن‌های *cryIV* ..... ۱۶

۲-۹ نحوه عمل سموم سه دومینی Cry در پولک بالان ..... ۱۷

۲-۱۰ کاربرد سموم Cry ..... ۱۸

۲-۱۱ انواع محصولات Bt ..... ۲۰

۲-۱۱-۱ پنبه Bt ..... ۲۰

۲-۱۱-۲ ذرت Bt ..... ۲۳

۲-۱۱-۳ سایر محصولات Bt ..... ۲۵

۲-۱۲ ارزیابی گیاهان تراریخته ..... ۲۸

۲-۱۲-۱ ردیابی ترانسژن ..... ۲۸

۲-۱۲-۲ بررسی الگوی بیان ژن در سطح RNA ..... ۲۸

۲-۱۲-۲-۱ نسخه برداری معکوس RT-PCR ..... ۳۰

**۲-۱۲-۳ روش‌های تشخیص بیان در سطح پروتئین با استفاده از آنتی‌بادی‌ها ..... ۳۰**

۲-۱۲-۳-۱ وسترن‌بلاتینگ ..... ۳۱

۲-۱۲-۳-۲ آزمون ELISA ..... ۳۲

۲-۱۲-۴ آزمون زیست سنجی ..... ۳۳

**فصل سوم ..... ۳۷**

۳-۱ کشت گیاهان ..... ۳۷

۳-۲ تهیه نمونه های گیاهی ..... ۳۷

۳-۳ استخراج DNA ..... ۳۸

۳-۳-۱ تعیین کمیت و کیفیت DNA ..... ۳۸

۳-۳-۲ انجام واکنش PCR با آغازگرهای ژن *cry1Ac* و *nptII* ..... ۳۸
۳-۴ استخراج RNA ..... ۴۰
۳-۴-۱ تعیین کمیت و کیفیت RNA ..... ۴۰
۳-۴-۲ نسخه برداری معکوس و ساخت cDNA ..... ۴۰
۳-۴-۳ یکسان سازی cDNA با استفاده از یوبی‌کوئیتین ..... ۴۱
۳-۴-۴ آزمون RT-PCR ..... ۴۱
۳-۵ آزمون وسترن‌بلاتینگ ..... ۴۲
۳-۶ انجام آزمون ELISA ..... ۴۳
۳-۷ ارزیابی زیستی ..... ۴۵

**فصل چهارم ..... ۴۷**
۴-۱ نتایج کشت گیاهان ..... ۴۷
۴-۲ نتایج استخراج DNA ..... ۴۸
۴-۲-۱ نتایج آزمون PCR ..... ۵۰
۴-۲-۱-۱ نتایج آزمون PCR نسل سوم ..... ۵۰
۴-۲-۱-۲ نتایج آزمون PCR نسل چهارم ..... ۵۱
۴-۲-۲ نتایج استخراج RNA ..... ۵۳
۴-۲-۲-۱ نتایج یکسان سازی cDNA با استفاده از یوبی‌کوئیتین ..... ۵۴
۴-۲-۳ نتایج RT-PCR ..... ۵۵
۴-۲-۳-۱ نتایج RT-PCR نسل سوم ..... ۵۶
۴-۲-۳-۲ نتایج RT-PCR نسل چهارم ..... ۵۷
۴-۲-۴ نتایج آزمون وسترن‌بلاتینگ ..... ۵۷
۴-۲-۵ نتایج آزمون ELISA ..... ۵۹
۴-۲-۶ نتایج ارزیابی زیستی ..... ۶۱
۴-۲-۷ بحث ..... ۶۵

**فصل پنجم ..... ۷۱**

**منابع ..... ۷۳**

**پیوستها ..... ۸۳**
۷-۱ پیوست ۱ ..... ۸۳
۷-۲ پیوست ۲ ..... ۸۶
۷-۳ پیوست ۳ ..... ۸۷
۷-۴ پیوست ۴ ..... ۸۷
۷-۵ پیوست ۵ ..... ۸۸
۷-۶ پیوست ۶ ..... ۸۸

۷-۷ پیوست ۷ ..... ۸۹
۷-۸ پیوست ۸ ..... ۹۰
۷-۹ پیوست ۹ ..... ۹۲
۷-۱۰ پیوست ۱۰ ..... ۹۴
۷-۱۱ پیوست ۱۱ ..... ۹۸

## فهرست شکل‌ها


شکل ۲-۱- انواع آزمون‌های الایزا ..... ۳۳
شکل ٤-۱- نمودار نورسنجی (نانودراپ) DNAی استخراج شده. ..... ٤۹
شکل ٤-۲- استخراج DNAی ژنومی ..... ۵۰
شکل ٤-۳- تکثیر قطعه ۱٤۷۳ جفت بازی مربوط به ژن *cry1Ac* در نسل سوم گیاهان تراریخته. ..... ۵۱
شکل ٤-٤- تکثیر قطعه ۸۸۷ جفت بازی مربوط به ژن *nptII* در نسل سوم گیاهان تراریخته. ..... ۵۱
شکل ٤-۵- تکثیر قطعه ۱٤۷۳ جفت بازی مربوط به ژن *cry1Ac* در نسل چهارم ... ..... ۵۲
شکل ٤-٦- تکثیر قطعه ۸۸۷ جفت بازی مربوط به ژن *nptII* در نسل چهارم ... ..... ۵۲
شکل ٤-۷- نمودار نورسنجی (نانودراپ) RNA استخراج شده. ..... ۵٤
شکل ٤-۸- نمونه RNA استخراج شده. ..... ۵٤
شکل ٤-۹- تکثیر ژن یوبی‌کوئیتین برای استفاده نمونه‌ها در ارزیابی نیمه کمی RT-PCR. ..... ۵۵
شکل ٤-۱۰- تکثیر قطعه ۱٤۷۳ جفت بازی cDNAی ژن *cry1Ac* در آزمون PCR ... ..... ۵٦
شکل ٤-۱۱- تکثیر قطعه ۱٤۷۳ جفت بازی ژن *cry1Ac* در آزمون RT-PCR .... ..... ۵۷
شکل ٤-۱۲- انتقال پروتئین‌ها به صفحه نیتروسلولزی ..... ۵۸
شکل ٤-۱۳- منحنی استاندارد جذب نوری نمونه‌های استاندارد آزمون الایزا. ..... ۵۹
شکل ٤-۱٤- رنگ متمایل به زرد در چاهک‌های مربوط به آزمون الایزا. ..... ٦۰
شکل ٤-۱۵- تغذیه لارو آفت پیله خوار ..... ٦۲
شکل ۷-۱- کشت گیاهان نخود تراریخته طی نسل سوم. ..... ۹۸
شکل ۷-۲- کشت گیاهان نخود تراریخته طی نسل چهارم ..... ۹۸

**فهرست جداول**

جدول ۳-۱- توالی آغازگرهای *cry1Ac*، *nptII* و *ubiquitin*.....۳۹
جدول ۳-۲- اجزای مخلوط واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای تایید حضور ژن‌های *cry1Ac* و *nptII*. .....۳۹
جدول ۳-۳- اجزای مخلوط واکنش زنجیرهای پلیمراز برای تایید بیان ژن *cry1Ac*. .....٤٢
جدول ٤-۱- کشت لاین‌های تراریخته و برخی خصوصیات رشدی آنها. .....٤٨
جدول ٤-۲- برآورد نسبت حضور ژن *cry1Ac* در نسل چهارم.....٥٣
جدول ٤-۳- مقدار متفاوت پروتئین‌های تولیدی Cry1Ac در لاین‌های تراریخته. .....٦١
جدول ٤-٤- لاین‌های تراریخته نسل چهارم و برخی مشخصات آن.....٦٤
جدول ۷-۱- مقایسه پروتکل‌های مهم استفاده شده برای تراریزش نخود .....۸۳
جدول ۷-۲- مقایسه روش‌های انتقال ژن به نخود از لحاظ روش و تکرار پذیری.....۸٦

# فصل اول

## مقدمه

تنش‌های زیستی نظیر بیماری برق‌زدگی، پژمردگی فوزاریومی و آفت پیله خوار و همچنین بروز تنش‌های غیرزیستی نظیر شوری، خشکی و سرما از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود محسوب می‌شوند. اصلاح نخود از طریق روش‌های مرسوم مشابه با سایر گیاهان با صرف هزینه و زمان زیادی انجام می‌شود و در برخی مواقع به دلیل فقدان ژن‌های مطلوب در خزانه ژرم‌پلاسم و عدم تلاقی بین گونه ای، با محدودیت‌هایی مواجه است. لذا به نظر می‌رسد با استفاده از روش‌های نوین کشت این‌ویترو و مهندسی ژنتیک بتوان موانع موجود در روش‌های اصلاحی کلاسیک را از میان برداشته و فرایندهای اصلاحی را سرعت بخشید (بجاج، ۱۹۹۰).

انتقال ژن به نخود با هدف افزایش مقاومت به برخی تنش‌های زیستی نظیر آفت پیله خوار نخود[1] و تنش‌های غیرزیستی نظیر خشکی و یخ‌زدگی از اهداف اصلاحی مدنظر در این گیاه زراعی می‌باشد. میزان خسارت آفت پیله خوار نخود در سطح جهانی سالانه بالغ بر ۳۲۵ میلیون دلار تخمین زده شده است (پوپلکا و هیگینز، ۲۰۰۷). لذا افزایش مقاومت در برابر این آفت می‌تواند سبب بهبود عملکرد این گیاه در نواحی

1 Pod borer (*Helicoverpa armigera* Hub)

کاشت آن شود. یکی از راهبردهای موثر برای تولید نخود تراریخته مقاوم به آفت پیله خوار، استفاده از سموم طبیعی Cry از باکتری باسیلوس تورینجینسیس[۲] است. این سموم قادرند در معده حشرات فعال شده و سیستم گوارشی حشره را مختل نمایند. تلاش‌های متعددی برای انتقال انواع ژن‌های *cry* به گیاهان زراعی جهت ایجاد مقاومت به انواع آفات حشره ای انجام شده است و تعدادی از گیاهان Bt هم اکنون در سطح وسیعی در کشورهای مختلف نظیر هند، چین، ایالات متحده، اسپانیا، ، کانادا، استرالیا، پرتغال، چک، لهستان، اسلواکی، رومانی و برزیل کشت می‌شوند. این گیاهان میزان مصرف آفت کش‌ها را کاهش داده و مزایای فراوانی را برای تولید کننده و مصرف کننده به همراه دارند، ضمن اینکه باعث صرفه جویی اقتصادی نیز خواهند شد.

در مطالعه مشتاقی و همکاران (۱۳۸۹) انتقال ژن *cry1Ac* به گیاه نخود صورت گرفت و حضور این ژن تا نسل T2 در گیاهان تراریخته تایید گردید. در این مطالعه انتقال ژن *cry1Ac* با ژن گزینشگر *nptII* مقاوم به آنتی‌بیوتیک در دو T-DNAی جداگانه صورت گرفت. با توجه به اینکه از ژن گزینشگر *nptII* و ژن عامل تولید پروتئین کریستالی در دو T-DNAی جدای از هم بر روی پلاسمید آگروباکتریوم استفاده شده است امید آن می‌رفت که ژن *cry1Ac* و ژن گزینشگر بر اثر نوترکیبی بین این دو T-DNA در نسل‌های در حال تفکیک، حذف شود. در مطالعه حاضر سعی شده است ضمن بررسی ثبات حضور ژن *cry1Ac* و بیان آن در نسل‌های T3 و T4 بتوان به لاینی دست یافت که تنها حاوی ژن *cry1Ac* بوده و ژن *nptII* بر اثر نوترکیبی بین دو T-DNA از آن تفکیک شود.

2 *Bacillus thurigiensis*

# فصل دوم

## بررسی منابع

### ۲-۱ حبوبات و اهمیت آن‌ها

خانوادهٔ بقولات با دارا بودن ۲۰۰۰۰ گونه مختلف در مقام مقایسه با سایر خانواده های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. بقولات از لحاظ اهمیت در کشاورزی، سطح زیر کشت و کل تولید، دومین رتبه پس از غلات را دارا هستند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). در سال ۲۰۱۰ حدود ٦٨ میلیون تن حبوبات از ٧٦ میلیون هکتار در دنیا برداشت شده است (فائو، ۲۰۱۰). بقولات از نظر اسید آمینه لایسین غنی هستند و به عنوان مکمل غلات مصرف می‌شوند. همچنین دانه‌های این گیاهان دارای عناصر معدنی ضروری مورد نیاز انسان و ترکیبات ثانویه دارویی نظیر برخی ترکیبات ضد تومور هستند. مصرف این محصولات علاوه بر اثر کاهندگی کلسترول خون، عمدتاً در کاهش قند خون نیز مؤثر است. از این رو استفاده از آن در رژیم غذایی افراد دیابتی نیز توصیه می‌شود (کیام و زیلبرمن، ۲۰۰۳).

به علاوه این گیاهان به واسطه توانایی تثبیت نیتروژن در کشاورزی با نهاده کم، اهمیت زیادی داشته و باعث کاهش مصرف کود ازته می‌شوند. در حقیقت، نقش این محصولات در حاصلخیزی خاک، عامل مهمی در ثبات تولید غلات در مناطق خشک و دیم زارهای کشورهای در حال توسعه می‌باشد (باقری و همکاران، ١٣٧٦).

نخود[1] (*Cicer arietinum* L.) یکی از بقولات دانه‌ای و خوراکی از خانواده لگومینوزه (Fabaceae) و زیر خانواده Faboideae است. این گیاه خودگشن، دیپلوئید (2n=2x=16)، یک ساله و با ژنوم کوچک (738 Mbp) می‌باشد. این گیاه یکی از بقولات مهم غذایی سرما دوست است که با داشتن درصد بالایی از پروتئین، نقش مهمی در تأمین اسیدآمینه‌های مورد نیاز بدن انسان به صورت مکمل با غلات ایفا می‌کند. بذور نخود غنی از کربوهیدرات‌ها (٦٧/٦-٤٧/٢ درصد)، پروتئین (٣١/٥-١٢/٤ درصد)، نشاسته (٥٥-٤١ درصد) و روغن (٦-٣ درصد) بوده و دارای عناصر مورد نیاز بدن نظیر کلسیم، فسفر، آهن روی و منگنز و ویتامین‌هایی نظیر نیاسین[2] و ریبوفلاوین[3] می‌باشد (ایگناسیموتو و پرکاش، ٢٠٠٦) و علاوه بر آن دارای آثار دارویی مفیدی بوده و در کاهش کلسترول خون موثر است. اسید اگزالیک و اسید مالیکی که از برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها ترشح می‌شود، قابل جمع آوری است و کاربرد دارویی دارد. شواهد مورفولوژیکی و گیاه‌شناسی حاکی از آن است که نخود جزء اولین گیاهان اهلی شده در خاورمیانه بوده و در حال حاضر در مناطق وسیعی از این منطقه شامل هندوستان، مدیترانه، ایران، اتیوپی، افغانستان و آسیای مرکزی کشت می‌شود (سامرز و همکاران، ٢٠٠٣). نخود زراعی در بین حبوبات دارای مقام سوم جهانی و مقام اول در نواحی مدیترانه و جنوب آسیا می‌باشد. این گیاه به لحاظ تثبیت ازت توسط باکتری‌های ریزوبیوم موجود در گره‌های ریشه آن و میزان پروتئین موجود در بذر، نقش مهمی در تناوب زراعی با محصولات دیگر از جمله غلات دارد. اصلی‌ترین کشورهای تولیدکننده نخود در جهان به ترتیب هند، پاکستان، ترکیه، ایران و استرالیا هستند (قان و همکاران، ٢٠٠٦).

در ایران نیز این گیاه یکی از گیاهان مهم در گروه حبوبات می‌باشد که حدوداً ٦٤ درصد سطح زیر کشت حبوبات را در کشور به خود اختصاص داده است. ایران از نظر سطح زیر کشت این محصول، در

1 Chickpea
2 Niacin
3 Riboflavin