بسم الله الرحمن الرحیم

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

فیزیولوژی، به‌نژادی و تولید سیر

نگارندگان:

عبدالستار دارابی[1]، محسن خدادادی[2]، محمدرضا رفیع[3]، علی دهقانی[4]، لیلا بهبهانی[5] و حسین ثابت زنگنه[6]

۱- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲ – دانشیار پژوهشکده سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

٤- استادیار بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

۵- محقق بخش تحیقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۶- محقق بخش تحیقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۱۴۰۲

عنوان و نام پدیدآور	:	فیزیولوژی، به نژادی و تولید سیر/ نگارندگان عبدالستار دارابی... [و دیگران]؛ سرویراستار عبدالستار دارابی.
مشخصات نشر	:	کرج: موسسه تحقیقات علوم باغبانی، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	:	۲۴۲ ص.: مصور (رنگی).
شابک	:	978-622-92555-5-1
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	نگارندگان عبدالستار دارابی، محسن خدادادی، محمدرضا رفیع، علی دهقانی، لیلا بهبهانی، حسین ثابت‌زنگنه.
یادداشت	:	کتابنامه: ص.[۲۱۱] – ۲۴۹.
موضوع	:	سیر — Garlic
		سیر -- اصلاح نژاد — Garlic -- Breeding
		سیر -- بیماری‌ها و آفت‌ها — Garlic -- Diseases and pests
شناسه افزوده	:	دارابی، عبدالستار، ۱۳۴۱–
شناسه افزوده	:	موسسه تحقیقات علوم باغبانی. انتشارات
رده بندی کنگره	:	SB ۳۵۱
رده بندی دیویی	:	۶۳۵/۲۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۲۹۲۹۷۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

فیزیولوژی، به‌نژادی و تولید سیر

نگارندگان: عبدالستار دارابی، محسن خدادادی، محمدرضا رفیع، علی دهقانی، لیلا بهبهانی و حسین ثابت زنگنه

سر ویراستار عبدالستار دارابی

ناشر : موسسه تحقیقات علوم باغبانی

ناظر فنی : کیومرث کاشی

شمارگان : ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۲۵۵۵-۵-۱

چاپ نخست: ۱۴۰۲

قیمت:

مسئولیت درستی مطالب کتاب با نگارندگان است

این کتاب تحت شماره ۳۱۴۰۲۲۳ به تاریخ۱۴۰۲/۵/۱۷در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: کرج بلوار شهید فهمیده، مجموعه موسسه‌های تحقیقات کشاورزی کشور، موسسه تحقیقات علوم باغبانی

تلفن ۶۲-۳۴۰۹۵۰۶۷، دورنگار ۳۴۰۹۵۰۷۱- ۰۲۶، کد پستی ۳۱۳۵۹۳۳۱۵۱ **www.hsri.ac.ir**

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول-محل پیدایش، پراکندگی، سطح زیر کشت و تیپ‌های زراعی ۱

۱-۱-محل پیدایش و پراکندگی ۱

۱-۲-ارزش غذایی ۳

فصل دوم-طبقه‌بندی گیاه‌شناسی و باغبانی، ریخت شناسی و منابع ژنتیکی..... ۵

۲-۱-طبقه‌بندی گیاه‌شناسی و باغبانی ۶

۲-۱-۱-طبقه‌بندی گیاه‌شناسی ۶

۲-۱-۲-طبقه‌بندی باغبانی ۸

۲-۲-ریخت‌شناسی ۱۰

۲-۲-۱-ریشه ۱۰

۲-۲-۲-ساقه ۱۱

۲-۲-۳-برگ ۱۲

۲-۲-۴-گل ۱۴

۲-۲-۵-سوخ ۱۶

۲-۳- منابع ژنتیکی ۱۷

فصل سوم- فیزیولوژی رشد و نمو ۲۱

۳-۱-جوانه زدن و سبز شدن ۲۱

۳-۲-تشکیل برگ و رشد رویشی ۲۱

۳-۳-سوخ‌دهی ۲۱

۳-۴- عوارض فیزیولوزیک ۲۵

۳-۴-۱- رشد ثانویه سیرچه ۲۵

۳-۴-۲-سوخ‌های نامنظم و یا خشن ۲۶

۳-۴-۳- سیرچه گرد و یا سوخ تک سیرچه‌ای ۲۷

۳-۴-۴- تجزیه مومی ۲۷

۳-۵- خواب سوخ ۲۸
۳-۶- گل‌دهی ۲۹
۳-۷- الگوی بیان ژن در گل‌دهی ۳۷
۳-۸- احیای باروری و تولید بذر سیر ۳۸
۳-۸-۱- احیای باروری ۳۸
۳-۸-۲- فرآیندها و روش‌های تولید بذر سیر ۴۱
۳-۸-۲-۱- گرده‌افشانی و تولید بذر ۴۱
۳-۸-۲- ۲-برداشت، انبار کردن و جوانه‌زدن بذر ۴۵
۳-۹- رشد گیاهچه در ازدیاد جنسی ۴۶
فصل چهارم- به‌نژادی ۴۹
۴-۱-پیشرفت‌های حاصله در به‌نژادی ۵۰
۴-۱-۱-انتخاب برای بهبود گل‌دهی و باروری ۵۰
۴-۱-۲-انتخاب برای اندازه و قدرت بذر ۵۰
۴-۲-روش‌های به‌نژادی ۵۱
۴-۲-۱-روش‌های نوین به‌نژادی ۵۱
۴-۲-۲-جهش‌زایی و تنوع سوماکلونال (همسانه بدنی) ۵۲
۴-۲-۳-ساز و کار انتقال ژن ۵۳
۴-۴-ازدیاد انبوه کلون‌های مادری از طریق کشت معلق سلول‌های جنین‌زا ۵۷
۴-۴-۱-استقرار کشت معلق جنین‌زا ۵۷
۴-۴-۲-باززایی گیاه ۵۹
۴-۵- اهداف به‌نژادی ۶۱
فصل پنجم- تولید ۶۳
۵-۱-خاک ۶۴
۵-۲-تهیه بستر ۶۴
۵-۳- ژنوتیپ ۶۵
۵-۴-کاشت ۶۶

۵-۴-۱-روش‌های ازدیاد ۶۶
۵-۴-۱-۱-کشت سیرچه ۶۶
۵-۴-۱-۲-کشت سیرچه هوایی ۶۸
۵-۴-۱-۳-ریز ازدیادی ۶۹
۵-۵-تغذیه ۷۱
۵-۵-۱-روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی ۷۱
۵-۵-۲-آزمون خاک ۷۲
۵-۵-۳-علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی ۷۲
۵-۵-۴-نمونه‌برداری ۷۳
۵-۵-۵-برنامه کودی ۷۳
۵-۵-۶-نقش عناصر غذایی پر مصرف ۷۴
۵-۵-۶-۱-نیتروژن ۷۴
۵-۵-۶-۱-۱-توصیه کودی نیتروژن ۷۶
۵-۵-۶-۱-۲-زمان مصرف نیتروژن ۷۹
۵-۵-۶-۱-۳-علایم کمبود نیتروژن ۸۰
۵-۵-۶-۱-۴-روش مصرف کودهای حاوی نیتروژن ۸۱
۵-۵-۶-۱-۴-۱-روش‌نواری ۸۱
۵-۵-۶-۱-۴-۲-روش کود آبیاری ۸۱
۵-۵-۶-۱-۴-۳--روش محلول پاشی ۸۲
۵-۵-۶-۱-۵-اثر دو جانبه دور آبیاری و کود نیتروژنه ۸۲
۵-۵-۶-۱-۶-باقی‌مانده نیترات ۸۴
۵-۵-۶-۱-۷-غلظت نیترات در سوخ ۸۴
۵-۵-۶-۱-۸-نقش تغذیه متعادل در کاهش محتوای نیترات ۸۶
۵-۵-۶-۲-فسفر ۸۸
۵-۵-۶-۲-۱-کودهای فسفره ۹۰
۵-۵-۶-۳-پتاسیم ۹۱

۵-۵-۶-۳-۱--علایم کمبود پتاسیم ۹۱
۵-۵-۶-۳-۲-کودهای پتاسه ۹۲
۵-۵-۶-۴-گوگرد ۹۳
۵-۵-۷-عناصر کم مصرف ۹۶
۵-۵-۷-۱-حد مطلوب عناصر کم مصرف در خاک ۹۶
۵-۵-۷-۲-آهن Fe ۹۷
۵-۵-۷-۳-روی (Zn) ۹۸
۵-۵-۷-۴-بور (Br) ۹۹
۵-۵-۷-۵-منگنز (Mn) ۱۰۰
۵-۵-۷-۶-مولیبدن (Mo) ۱۰۰
۵-۵-۷-۷-توصیه عمومی مصرف عناصر کم مصرف ۱۰۲
۵-۵-۸- سلنیوم (Se) ۱۰۲
۵-۵-۹-الگوی جذب عناصر غذایی ۱۰۵
۵-۶-اصول آبیاری ۱۱۳
۵-۶-۱-اثر تنش آب بر تبخیر و تعرق ۱۱۳
۵-۶-۲-آبیاری سیر ۱۱۴
۵-۶-۳-روش‌های آبیاری ۱۱۵
۵-۶-۳-۱-آبیاری قطره‌ای ۱۱۵
۵-۶-۳-۲-کود آبیاری ۱۱۷
۵-۶-۳-۳-روش‌های آبیاری و آزمایشات ۱۱۷
۷-۵-تاریخ کاشت ۱۲۵
۷-۳-تراکم بوته ۱۲۸
۵-۸- برداشت ۱۳۱
فصل ششم-آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز ۱۳۳
۶-۱-آفات ۱۳۴
۶-۱-۱-کرم سیر ۱۳۴

۶-۱-۱-۱-تاریخچه ، اهمیت و انتشار ۱۳۴
۶-۱-۱-۲-شکل‌شناسی ۱۳۵
۶-۱-۱-۳-زیست‌شناسی ۱۳۶
۶-۱-۱-۴-مدیریت تلفیقی ۱۳۶
۶-۱-۲-مگس سیر و پیاز ۱۳۸
۶-۱-۲-۱-تاریخچه ، اهمیت و انتشار ۱۳۸
۶-۱-۲-۲-شکل‌شناسی ۱۳۸
۶-۱-۲-۳-زیست‌شناسی ۱۳۸
۶-۱-۲-۴-مدیریت تلفیقی ۱۴۱
۶-۱-۳-تریپس پیاز و سیر ۱۴۱
۶-۱-۳-۱-تاریخچه ، اهمیت و انتشار ۱۴۱
۶-۱-۳-۲-شکل‌شناسی ۱۴۲
۶-۱-۳-۳-زیست‌شناسی ۱۴۳
۶-۱-۳-۴-مدیریت تلفیقی ۱۴۴
۶-۱-۳-۴-۱-روش زراعی ۱۴۴
۶-۱-۳-۴-۲-روش‌های بیولوزیکی ۱۴۵
۶-۱-۳-۴-۳-روش شیمیایی ۱۴۵
۶-۲-بیماری‌ها ۱۴۵
۶-۲-۱-پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق پیاز و سیر ۱۴۵
۶-۲-۱-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار ۱۴۵
۶-۲-۱-۲-علائم بیماری ۱۴۶
۶-۲-۱-۳-عامل بیماری ۱۴۶
۶-۲-۱-۴-زیست‌شناسی و چرخه بیماری ۱۴۸
۶-۲-۱-۵-مدیریت تلفیقی بیماری ۱۴۹
۶-۲-۳- سفیدک کرکی (داخلی یا دروغی) پیاز و سیر ۱۵۰
۶-۲-۳-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار ۱۵۰

۶-۲-۲-۲-علائم بیماری ۱۵۱
۶-۲-۲-۳-عامل بیماری ۱۵۱
۶-۲-۲-۴-زیست‌شناسی و چرخه بیماری ۱۵۲
۶-۲-۲-۵-مدیریت تلفیقی بیماری ۱۵۳
۶-۲-۳-زنگ سیر ۱۵۴
۶-۲-۳-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار ۱۵۴
۶-۲-۳-۲-علائم بیماری ۱۵۴
۶-۲-۳-۳-زیست شناسی و چرخه بیماری ۱۵۴
۶-۲-۳-۴-مدیریت تلفیقی ۱۵۵
۶-۲-۴-نماتد ساقه و سوخ ۱۵۶
۶-۲-۴-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار ۱۵۶
۶-۲-۴-۲-علائم بیماری ۱۵۶
۶-۲-۴-۳-عامل بیماری ۱۵۷
۶-۲-۴-۴-زیست شناسی و چرخه بیماری ۱۵۷
۶-۲-۴-۵-مدیریت تلفیقی بیماری ۱۵۹
۶-۳-علف‌های هرز و کنترل آن‌ها در مزارع سیر ۱۵۹
۶-۳-۱-روش مدیریت علف‌های هرز در سیر ۱۶۳
۶-۳-۱-۱-روش مکانیکی ۱۶۳
۶-۳-۱-۲-روش زراعی ۱۶۳
۶-۳-۱-۳-روش شیمیایی ۱۶۴
۶-۳-۱-۳-۱-شناخت و نحوه کاربرد علف کش‌های که در سیر استفاده می‌شوند
۶-۳-۱-۳-۱-۱-پهن برگ کش‌ها ۱۶۵
۶-۳-۱-۳-۱-۲-باریک برگ کش‌ها ۱۶۶
۶-۳-۱-۳-۱-۳- علف‌کش‌های دو منظوره ۱۶۶
۶-۳-۱-۳-۱-۳-۱-کلرتال دی‌متیل (داکتال) ۱۶۶
۶-۳-۱-۳-۱-۳-۲- پندی متالین (استامپ) ۱۶۷

۶-۳-۱-۳-۱-۳-۳- اکسی‌فلورفن (گل) ۱۶۷
۶-۳-۱-۳-۱-۳-۳- اگزادیازون (رونستار) ۱۶۸
۶-۳-۱-۳-۱-۳-۴- اکژادیاژیل (تاپ‌استار) ۱۶۸
۶-۳-۱-۳-۱-۴-علف‌کش‌های عمومی ۱۶۸
۶-۳-۱-۳-۱-۴-۱-گلیفوزیت (رانداپ) ۱۶۸
۶-۳-۱-۳-۱-۴-۲-پاراکوات (گراماکسون) ۱۶۸
۶-۳-۲- تصاویر مهم‌ترین علف‌های هرز سیر ۱۶۹

فصل هفتم- انبارمانی و بعد از برداشت ۱۷۷
۷-۱-عمل‌آوری و خشک کردن ۱۷۸
۷-۲-پیش درمان با اشعه ۱۸۳
۷-۳-انبارمانی ۱۸۵
۷-۴-ساختار انبارها ۱۸۹
۷-۵-تاثیر شرایط انبار بر کیفیت سیر ۱۹۱
۷-۵-۱-دما و رطوبت نسبی ۱۹۱
۷-۵-۲-زمان ۱۹۱
۷-۵-۳-تهویه ۱۹۲
۷-۵-۴-اتمسفر کنترل شده ۱۹۳
۷-۵-۵-بیماری‌ها و آسیب‌های عمده انبارمانی ۱۹۳

فصل هشتم- زیست‌شیمی و اثرات سلامتی بخش سیر ۱۹۷
۸-۱-زیست‌شیمی بو ۱۹۷
۸-۲-پیش‌ماده‌های ترکیبات تولید کننده بو ۱۹۸
۸-۳-واکنش‌های آنزیمی تولید بو ۱۹۹
۸-۴-آنزیم آلیناز ۲۰۰
۸-۵-ترکیبات فرار بو ۲۰۰
۸-۶-بیوسنتز پیش‌ماده‌های ترکیبات تولید کننده بو ۲۰۱
۸-۷-فعالیت زیست‌شناختی ترکیبات تولید کننده بو ۲۰۲

فصل نهم- اثرات دارویی سیر ۲۰۳
۹-۱-مثال‌های از تحقیقات مختلف مبنی بر اثر سلامتی بخش ۲۰۳
۹-۱-۱-اپیدمیولوزی ۲۰۳
۹-۱-۲-اثرات بالینی ۲۰۴
۹-۲-مطالعات در حیوانات ۲۰۴
۹-۳-مطالعات سلولی و زیست‌شیمیایی ۲۰۴
۹-۴-پاداکسیدکننده‌ها و جلوگیری از خطر رادیکال‌های آزاد ۲۰۶
۹-۵-اثرات سلامتی بخش فروکتان‌ها ۲۰۷
۹-۶-سلنیوم و پیازی‌ها ۲۰۸
منابع ۲۱۱

فصل اول

عبدالستار دارابی

محل پیدایش، سطح زیر کشت و تیپ‌های زراعی

۱-۱- محل پیدایش و پراکندگی

سیر با نام علمی *Allium sativum* L. گیاهی تک‌لپه از جنس *Allium* می‌باشد. جنس *Allium* یک جنس بزرگ بوده که حدود ۱۰۰۰ گونه را در بر می‌گیرد که تقریباً همگی آنها در نیمکره شمالی پراکنش دارند. بیش از ۲۰ گونه از این جنس، خوراکی بوده و شامل چند سبزی مهم از قبیل پیاز[۱]، سیر[۲]، موسیر[۳]، پیازچه[۴] و تره‌فرنگی[۵] می‌باشد (کامنتزکی و همکاران[۶]، ۲۰۰۴ الف). گونه‌های زینتی نیز در این جنس وجود دارد. تا اواسط قرن نوزدهم فقط گونه‌های محدودی از این جنس به عنوان گیاهان زینتی کشت و کار می‌شدند. ولی این وضعیت از سال۱۸۸۷، زمانی که رگل[۷] و دیگر گیاه‌شناسان تعداد گونه‌های زینتی از این جنس را گزارش نمودند، تغییر کرد (کامنتزکی و فریچ[۸]، ۲۰۰۲). در بین سبزی‌های پیازی، سیر بعد از پیاز بیشترین مصرف را دارد.

---

1. Onion (*Allium cepa* L.)
2. Garlic (*Allium sativum* L.)
3. Shallot (*Allium hirtifolium*)
4. Scallion (*Allium fistulosum* L.)
5. Leek (*Allium amploprasum* L.)
6. Kamenetsky et al.
7.Regal
8. Kamenetsky and Fritsch

انگلند[1] (۱۹۹۱)پیشنهاد نمود که سیر وحشی از زمان‌های دور به‌طور وسیعی در آسیای مرکزی وجود داشته و به‌وسیله قبایل شبه عشایر حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش کشت و کار می-شده است. ممکن است این قبایل سیر را به کشورهای حوضه مدیترانه، هند و چین معرفی کرده باشند. شواهدی وجود دارد که سیر، بیش از ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در چین و هندوستان و ۲۰۰۰ سال قبل از این تاریخ در مصر مصرف می‌شده است. مصریان از سیر هم در پختن غذا، هم برای ترمیم استخوان‌های شکسته و درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌کردند. رومیان به خاطر بوی سیر به این محصول علاقه‌ای نداشتند، در تغذیه کارگران و سربازان این محصول را مصرف می‌کردند. بازرگانان اروپایی، سیر را به سایر نقاط دنیا معرفی نمودند و در نتیجه سیر به عنوان یک سبزی مهم برای طعم دادن به بسیاری از غذاها در دنیا گسترش یافت. سیر از نواحی مدیتراته به افریقا و توسط کاشفان امریکا و مهاجران به امریکا معرفی شد (اتوه و سیمون[2]، ۲۰۰۲).

این محصول در بیشتر کشورها از خط استوا تا حدود ۵۰ درجه عرض جغرافیایی کشت می‌شود. کلون‌های سیر به دلیل تاثیر دما و طول روز بر رشد، مقاومت به سرما و هم‌چنین مدت دوره خواب به نواحی اکولوژیکی زیادی سازگار می‌باشند. هم‌چنین تنوع به لحاظ تعداد و اندازه سیرچه، وزن سوخ، تعداد و رنگ پوست در این محصول گزارش شده است. مناطق دارای زمستان ملایم با بارندگی متوسط و تابستان آفتابی و خشک، برای رسیدن و برداشت محصول بهینه سیر لازم و ضروری است (تاکاگی[3]، ۱۹۹۰).

تولید سالانه سیر به طور پیوسته در حال افزایش است، در بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ سطح زیر کشت سیر در دنیا ۲۸/۴درصد و میزان محصول ۶۶/۵۵ درصد افزایش یافت. سطح زیر کشت این محصول در دنیا در سال ۲۰۱۹ به۱،۶۳۴،۶۳۴ هکتار و میزان تولید به ۳۰،۷۰۸،۲۴۳ تن رسیده است که نسبت به سال ۲۰۰۴ از لحاظ سطح زیر کشت و میزان

1. England
2. Etoh and Simon
3. Takagi

تولید به ترتیب حدود ۳۸ درصد و ۱۰۷/۵۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. چین با تولید ۲۲،۲۷۳،۸۰۲ تن در سال، ۷/۸ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. بعد از چین، هندوستان و بنگلادش به‌ترتیب با تولید ۱،۷۲۱،۰۰۰ و ۴۶۱،۹۷۰ تن در سال حداکثر تولید این محصول را به خود اختصاص داده‌اند. کشور ایران با تولید سالیانه ۵۸،۲۷۸تن از نظر تولید در رده بیست و چهارم و از نظر سطح زیر کشت (۴،۷۳۴ هکتار) در رتبه بیست و هفتم دنیا قرار دارد (فائو[1]، ۲۰۲۱).

میانگین عملکرد سیر در دنیا ۱۸/۷۹ تن در هکتار می‌باشد. کشور کویت با عملکرد ۴۳/۴۳ تن در هکتار حداکثر عملکرد در واحد سطح را به خود اختصاص داده است، لازم به ذکر است که سطح زیر کشت این محصول در کویت هشت هکتار بوده و از لحاظ سطح زیر کشت در بین ۱۰۲ کشور تولید کننده این محصول در رتبه ۱۰۰ قراردارد. بعد از کویت، چین و ازبکستان به‌ترتیب با تولید ۲۸/۲۷ و ۲۶/۶۲ تن در هکتار در رتبه دوم و سوم قرار دارند. میانگین عملکرد این محصول در ایران ۱۲/۳۱ تن در هکتار می‌باشد و در رتبه بیست و سوم دنیا قرار دارد (فائو، ۲۰۲۱).

میانگین عملکرد سیر در دنیا از میانگین عملکرد پیاز (۲۱/ ۱۹ تن در هکتار) کمی کمتر است. به هر حال عملکرد سیر بستگی زیادی به شرایط محیطی و عملیات زراعی دارد. چنانچه عملکرد این محصول در دنیا بین ۴۳/۴۳ تن در هکتار (در کویت) تا ۰/۹۷ تن در هکتار در کشور سوئیس متغیر است.

۱-۲-ارزش غدایی

سیر دارای مقادیر بالایی از ویتامین‌ها از جمله ویتامین C و B_6 و مواد معدنی همانند کلسیم، فسفر، پتاسیم، سدیم، منیزیم، آلومینیم، آهن، مس، منگنز، کروم، مولبیدن و ژرمانیوم و ید می‌باشد (جدول ۱).

1. FAO

اسید آمینه‌های موجود در سیر شامل آلانین، آرژنین، اسید آسپاراتیک، هیستیدین، لوسین، متیونین، فنیل آلانین، پرولین، سرین، ترئونین، تریپتوفان و والین می‌باشد. هم‌چنین در ۱۰۰ گرم سیر تازه، هفت گرم پروتئین، سه گرم فیبر، ۰/۵ گرم چربی و ۲۶/۹ گرم کربوهیدرات (حدود ۲۲ گرم به شکل نشاسته) وجود دارد. مقدار انرژی حاصل از ۱۰۰ گرم سیر تازه از ۱۳۳تا ۱۳۸ کیلوکالری گزارش شده است (اوروآدی و همکاران[1]، ۲۰۱۷).

تعدادی از فرآورده‌های سیر در آشپزی، غذاهای فرآوری شده و داروسازی استفاده می‌شوند. شکل‌های دیگر مصرف شامل سیرچه، سیر در روغن، پوره سیر، سیر در سرکه، پودر خشک، نمک سیر، نان سیر، عصاره و کنسانتره می‌باشند (بروستر[2]، ۱۹۹۴؛ لوسیر و لین[3]، ۲۰۰۰).

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی موجود در ۱۰۰ گرم سیر تازه(اوروآدی و همکاران، ۲۰۱۷).

عنصر	مقدار
سدیم	۸ میلی گرم
پتاسیم	۳۷۳ میلی گرم
کلسیم	۱۸۰ میلی گرم
فسفر	۶۴ میلی گرم
آهن	۲/۲ میلی گرم
منیزیم	۸ میلی گرم
منگنز	۱/۳ میلی گرم
روی	۰/۹ میکروگرم
کوبالت	۰/۹ میکروگرم
سلنیوم	۷۷۰/۱ میکروگرم
فلوئور	۲۲۰ میکروگرم
ید	۶۴۰ میکروگرم

1. Ourouadi et al.
2. Brewster
3. Lucier and Lin

فصل دوم

عبدالستار دارابی

طبقه‌بندی گیاه‌شناسی و باغبانی، ریخت‌شناسی و منابع ژنتیکی

سیر گیاهی است علفی و دائمی که ساقه کاذب آن تا ارتفاع ۴۰ سانتیمتر نیز می‌رسد. برگ‌های آن باریک و نواری شکل به رنگ سبز تیره و گل‌های آن کوچک و صورتی رنگ که به صورت یک شبه‌چتر در انتهای ساقه ظاهر می‌شود و اغلب گل‌دهی بعد از تولید شش تا هفت برگ شروع می‌شود (شمش مایر و همکاران[1]، ۲۰۱۵). سوخ شامل تعدادی سیرچه می‌باشد. به دلیل این‌که بعضی از ارقام سیر (گردن‌نرم[2]) به‌ندرت گل تولید نموده و بعض از ارقام (گردن‌سخت[3]) به‌ندرت بذر تولید می‌کنند. این گیاه به وسیله سیرچه ازدیاد می‌شود (کامنتزکی، ۲۰۰۷). در ابتدا و پس از کاشت، ریشه‌های نابجا از ته سیرچه منشا گرفته و سپس برگ تولید می‌شوند. اولین برگی که توسط سیرچه تولید و از خاک خارج می‌شود بدون پهنک می‌باشد ولی برگ‌های بعدی که از خاک خارج می‌شوند دارای پهنک می‌باشند و در انتها به شکل برگ‌های مسطح درمی‌آیند (بروستر، ۲۰۰۸؛ کامنتزکی، ۲۰۰۷).

1. Shemesh-Mayer
2. Softneck
3. Hardneck

۲-۱- طبقه‌بندی گیاه‌شناسی و باغبانی

۲-۱-۱- طبقه‌بندی گیاه‌شناسی

سیر یک گیاه دیپلویید (۲n=۲x=۱۶) متعلق به رده لی‌لی‌وپسیدا[1]، زیررده لی‌لیده[2]، زیر راسته لی‌لی‌آنه[3]، راسته آماریلیداسه[4]، خانواده آلیاسه[5]، زیر خانواده آلیوایده[6]، قبیله آلیه[7] و جنس آلیوم[8]، زیر جنس آلیوم و بخش آلیوم می‌دانند (چودا وآداموس[9]، ۲۰۰۹). تقریبا ۲۵ گونه از گیاهان آلیوم با کشت و کار وسیع، دارای روابط نزدیکی با هم هستند و به صورت وحشی از ایران تا سواحل مدیترانه با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک رشد یافته‌اند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۷).

در ابتدا تصور می‌شد که سیر یگ گیاه مدیترانه‌ای است. از اواسط قرن بیستم واویلوف[10] (۱۹۲۶) و کازاکوا [11](۱۹۷۱) پیشنهاد کردند که مرکز اولیه این گیاه، آسیای مرکزی است (اتوه[12]، ۱۹۸۶؛ کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴). این فرضیه با کشف تعدادی از سیرهای اولیه در کوه‌های تین- شان در آسیای مرکزی و مطالعات نشانگرهای زیست شیمیایی و مولکولی (پولر و سیمون[13]، ۱۹۹۳ الف) تایید گردید. *A. longicuspis* از آسیای مرکزی قبلا به عنوان نزدیک‌ترین گونه به سیر و یا جد این گیاه شناخته شده بود (رگل، ۱۸۷۵). ولی یافته‌های بعدی در ارتباط با تنوع صفت‌های نمو یافته (کامنتزکی و همکاران،۲۰۰۴ الف) و مطالعات کاریوتایپی، ایزوزایم وفن‌آوری راپید

1. Liliopsida
2. Liliidae
3. Liliianae
4. Amaryllidaceae
5. Alliaceae
6. Allioideae
7. Allieae
8. Allium
9. Chuda and Adamus
10. Vavilov
11. Kazakova
12. Etoh
13. Pooler and Simon.

(ایپک و همکاران[1]، ۲۰۰۳) مشخص نمود که بیشتر نشانگرهای *A. longicuspis* درمحدوده نشانگرهای سیر (*A. sativum*) قرار می‌گیرند. اما هنوز بعضی از محققین معتقدند که *A. longicuspis* یک گونه جدا از سیر محسوب می‌شود. در حالی که عده‌ای دیگر از محققین معتقدند که این گونه گروهی را تشکیل می‌دهد که درون گونه مختلط (مرکب) *A. sativum* قرار دارد (هانلت [2]، ۱۹۹۰؛ اتوه و سیمون، ۲۰۰۲؛ فریتز و فریزن[3]، ۲۰۰۲). گروه مختلط (مرکب) *A. sativum* شامل سه گروه بزرگ: Longicuspis ، Ophioscorodonو Sativum و دو زیر گروه Subtropical و Pekinense است (فریتز و فریزن، ۲۰۰۲).

گروه سیر معمولی (*A. sativum* var *sativum*) که منشا آن مدیترانه می‌باشند بندرت یا هرگز ساقه گل‌دهنده تولید نمی‌کند. کشت این گروه در اروپا، مدیترانه و کل دنیا گزارش شده است (فریتز و فریزن ۲۰۰۲؛ اتوه و سیمون ، ۲۰۰۲).

گروه *Longicuspis* که مبدا آن آسیای مرکزی می‌باشد، گیاهان گل‌دار و بزرگ می‌باشند و در جنوب و شرق آسیا کشت می‌شود. تعداد زیادی سیرچه هوایی تولید می‌کند (اتوه و سیمون ، ۲۰۰۲).

گروه *Ophioscorodon* که منشا آنها اروپای مرکزی و شرقی است، ساقه‌های گل‌دار خمیده بزرگی دارند، گل‌ها اغلب بدشکل و نازا هستند. تعداد کمی سیرچه هوایی بزرگ تولید می‌کنند. نواحی کشت این گروه اروپا و تمام دنیا گزارش شده است (فریتز و فریزن، ۲۰۰۲).

زیر گروه *Subtropical* که منشا این گروه هندوستان، میانمار و ویتنام می‌باشد، سوخ آنها کوچک بوده و برای تغذیه برگ‌های تازه انتخاب شده‌اند. این گروه در شمال و شمال شرقی آسیا کشت می‌شوند. گیاهان این گروه ،گیاهان گل‌دار کوچکی هستند که

1. Ipek et al.
2. Hanelt
3. Fritsch and Friesen.

ساقه گل‌دهنده آنها خمیده بوده و حاوی چند سیرچه بزرگ هوایی می‌باشند (فریتز و فریزن ، ۲۰۰۲؛ اتوه و سیمون، ۲۰۰۲).

زیرگروه *Pekinense* که از گروه *Longicuspis* منشا گرفته ولی از گروه مزبور کوچک‌تر بوده و چند سیرچه بزرگ هوایی تولید می‌کنند. این گروه نیز در شمال و شمال شرقی آسیا کشت می‌شوند (فریتز و فریزن، ۲۰۰۲؛ اتوه و سیمون، ۲۰۰۲).

پس از سال‌های متمادی کشت و کار و انتخاب، سرانجام این گیاه توانایی تولید بذر بارور را از دست داده است و در بعضی از ارقام ساقه گل‌دهنده و گل تشکیل نمی‌شود. بر خلاف این حقیقت که بذر حقیقی سیر به آسانی تولید نمی‌شود، ولی ارقام مختلفی وجود دارند که برای تولید بذر می‌توان آنها را انتخاب نمود. این ارقام در طی سال‌های متمادی احتمالا در نتیجه جهش‌های تصادفی انتخاب شده‌اند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱-۲-طبقه‌بندی باغبانی

از نظر باغبانی سیر به دو گروه: ارقام گردن‌سخت و گردن‌نرم تقسیم می‌شود.

گروه گردن‌سخت : این گروه یک ساقه گل‌دهنده[1] تولید می‌کنند که حاوی تعداد زیادی گل و سیرچه هوایی[2] می‌باشند. این گروه به عنوان ارقام گل‌دهنده و یا واجد سیرچه‌های هوایی شناخته می‌شوند. گل‌ها وقتی تولید می‌شوند معمولا سقط شده و گل‌آذین فقط واجد سیرچه‌های هوایی می‌باشد که همان ساختار ژنتیکی گیاه مادری را دارند. این سیرچه‌ها می توانند برای ازدیاد استفاده شوند و به احتمال بسیار زیاد فاقد آلودگی به بیماری‌های خاکزادهستند اما سوخ‌های حاصل از سیرچه‌های هوایی معمولا در سال اول سوخ‌های کوچکی تولید می‌کنند. دو تا سه سال زمان مورد نیاز است تا از این سیرچه‌ها، سوخ قابل ارائه به بازار تولید شود. سوخ این گروه، حاوی چهار تا ۱۲ سیرچه می‌باشند و در اطراف ساقه گل‌دهنده قرار دارند. از معایب ارقام گردن سخت قابلیت انبار-مانی پایین می‌باشد و ممکن است فقط چند ماه بعد از برداشت ریشه تولید نموده یا پوک شوند (شکل ۱) (تاکاگی، ۱۹۹۰).

1. Scape
2.bulbil

شکل۱- سوخ نوع گردن‌سخت

گروه گردن‌نرم: این گروه به‌طور طبیعی نمی‌توانند ساقه گل‌دهنده تولید کنند. اما در بعضی از موارد ممکن است ساقه هوایی نیز تشکیل دهند. این ارقام به دلیل عدم تولید ساقه گل‌دهنده و سیرچه هوایی به عنوان اهلی‌ترین گروه محسوب می‌شوند (شکل ۲). معمولا عملکرد این گروه از گروه گردن‌سخت بیشتر می‌باشد، زیرا در این گروه همه انرژی گیاه صرف تولید سوخ شده، در صورتی که در گروه گردن‌سخت، انرژی گیاه هم برای تولید سوخ و هم برای تولید ساقه گل‌دهنده مصرف می‌شود. هر سوخ می‌تواند حاوی ۱۰ تا ۵۰ سیرچه باشد که در چند ردیف قرار گرفته‌اند. خاصیت انبارمانی گروه‌گردن‌نرم در مقایسه با گروه گردن‌سخت بیشتر بوده و می‌توان آنها را شش تا هشت ماه در دمای هوا (انبار معمولی) با افت وزنی کمتر انبار نمود (تاکاگی، ۱۹۹۰).

شکل۲-سوخ نوع گردن‌نرم

سیرهای زراعی نازا می‌باشند و فقط از طریق رویشی تکثیر می‌شوند. تنوع مشاهده شده در این گیاه ناشی از جهش‌های تصادفی و یا القایی (بوربا[1]، ۱۹۹۳) یا نتیجه تنوع همسانه بدنی (تنوع حاصل از کشت بافت) می‌باشد (تاکاگی، ۱۹۹۰). ارقام جدید در نتیجه تنوع تنوع همسانه بدنی پدید آمده و به نواحی مختلف معرفی شده‌اند (روباتزکی و یاماگوچی، ۱۹۹۷). خصوصیات ارقام سیر به‌طور قابل توجهی از یک محل به محل دیگر متفاوت می‌باشد. اقلیم می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی تولید ساقه گل‌دهنده و طعم سیر داشته باشد، به‌طوری‌که یک رقم گردن‌نرم در یک منطقه، در منطقه دیگر ممکن است ساقه گل‌دهنده تولید کنند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴الف). بنابراین برای معرفی ارقام تجاری سیر به یک منطقه جدید، ارزیابی طولانی و انتخاب ارقامی با سازگاری بالا ضروری است.

۲-۲-ریخت‌شناسی

۲-۲-۱-ریشه

ریشه سیر همانند دیگر سبزی‌های پیازی کمابیش ضخیم و در مقایسه با دیگر محصولات، انشعابات کمی داشته و فاقد ریشه مویی، به‌جز در مواردی که در هوای مرطوب رشد می‌کند، می‌باشد (شکل ۳). ریشه سیر سطحی بوده و گسترش این اندام تا عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متری سطح خاک است. مطالعه رشد و نمو ریشه در پیاز، سیر و تره فرنگی مشخص نمود که هر سه گیاه دارای نظام ریشه مشابه می‌باشند. ضخامت ریشه بین نیم تا دو میلی‌متر متغیر، تعداد انشعابات جانبی در هر سانتی‌متر ریشه یک تا دو عدد و فاقد انشعابات ثانویه می‌باشد. طول ریشه در هر واحد سطح خاک در مقایسه با سایر گونه‌ها کمتر است (بروستر،۲۰۰۸). ریشه سیر و سایر گیاهان جنس آلیوم به آسانی با قارچ میکوریزا همزیست شده که در اثر این پدیده جذب عناصر غذائی، به‌خصوص فسفر و به‌ویژه در زمان کمبود این عناصر از این طریق افزایش می‌یابد. میزان جذب ریز مغذی‌های

1. Burba

غیر متحرک همانند روی، مس و منگنز نیز ممکن است در اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بیشتر شود (کامنتزکی، ۲۰۰۷).

۲-۲-۲-ساقه

ساقه[1] در سیر مانند سایر پیازی‌ها یک ساقه تغییر شکل یافته می‌باشد. این اندام کوتاه، متراکم و شبیه به یک صفحه بوده که به‌وسیله غلاف برگ‌ها محصور می‌شود (شکل ۴). بر خلاف متراکم بودن این اندام، بافت‌های منشا برگ و ریشه، نواحی تقسیم سلولی، اندودرم،آوندها، پوست و مریستم انتهایی را می‌توان در این اندام تشخیص داد (بروستر، ۲۰۰۸). در قسمت بالای ساقه، مریستم انتهایی توسط ناحیه تقسیم سلولی که مریستم ضخیم شونده ابتدایی نامیده می‌شود احاطه شده است، ریشه‌ها از این ناحیه مریستمی منشا گرفته و این ناحیه مسئول رشد عرضی ساقه می‌باشد.

شکل۳- ریشه (فاقد انشعاب و ریشه مویین)

ریشه‌های جوان به طور مداوم در اطراف مریستم ضخیم شونده ابتدایی نمو می‌یابند، همزمان با این پدیده آغازش برگ‌ها نیز از مریستم انتهایی شروع می‌شوند. بعد از دو ماه از

1. Basal plate

شروع رشد گیاه، در اثر ضخیم شدن، مریستم ضخیم شونده ابتدایی، مریسم انتهایی تا حدی معقعر (فرو رفته) شده و در نتیجه ساقه در برش طولی، به شکل قلب دیده می شود. سرانجام قسمت پایین برگ‌ها تخریب شده و از بین می‌روند، قسمت پایین ساقه نیز ممکن است تخریب شده و ساقه به شکل مسطح دیده شود (بروستر، ۲۰۰۸).

شکل٤- ساقه حقیقی (ساقه تغییر شکل یافته)

۲-۲-۳-برگ

هر برگ شامل دو قسمت پهنک و غلاف می‌باشد. همانند پیاز دو نوع برگ در سیر دیده می‌شود: برگ معمولی که هم پهنک و هم غلاف دارد (شکل ۵) و برگ‌های ذخیره داخلی (یا سیرچه‌های واقع در قسمت درونی سوخ). این نوع برگ، از نظر ریخت‌شناسی برگی است که غلاف آن رشد نموده ولی پهنک آن رشد نکرده است (شکل ۶). ارزش غذائی سیر وابسته به این برگ‌ها بوده و قسمت اعظم وزن سوخ را تشکیل می‌دهند (بروستر، ۲۰۰۸).

برگ‌های سیر مسطح، به‌رنگ سبز خاکستری، با طول ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و به عرض دو تا سه سانتی‌متر می‌باشند. برگ‌ها در ارقام گل‌دهنده، ساقه گل‌دهنده را احاطه می کنند (دی‌لاکروز مدینا و گارسیا[1]، ۲۰۱۷).

1. De La Cruz Medina and García

از آنجایی که منشا برگ‌ها یک مریستم پهن کمانی شکل است، غلاف برگ‌های متوالی هم‌پوشانی زیادی دارندکه منجر به تولید ساقه کاذب می‌شود (شکل ۷). این ساقه کاذب برگ‌های جوان را احاطه می‌کند. با رشد برگ، پهنک برگ از ساقه کاذب خارج می‌شود (سیمون و جاندرک[2]، ۲۰۰۴). در هر دو سطح برگ بافت‌های مشابهی دیده می‌شوند.

اپیدرم، با لایه مومی کوتیکول پوشیده شده و روزنه‌ها در روی اپیدرم قرار دارند. چند لایه پارانشیم درون برگ وجود داشته وآوندها در دو لایه دیده می‌شوند که یکی نزدیک به سطح بیرونی و دیگری نزدیک به سطح درونی قرار گرفته‌اند (بروستر، ۲۰۰۸).

شکل ۵- برگ معمولی یا فتوسنتزی شامل پهنک (قسمت فتوسنتز کننده) و غلاف (قسمت ذخیره‌ای)

2. Simoon and Jendereck

شکل ٦- برگ نوع ذخیره داخلی (سیرچه‌های درون سوخ)

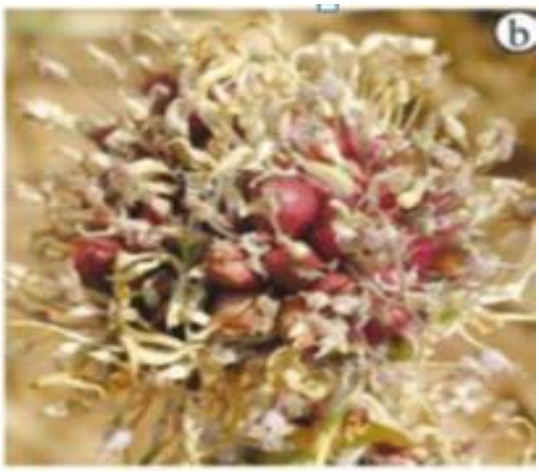
شکل ۷- ساقه کاذب متشکل از هم‌پوشانی غلاف برگ

۲-۲-٤-گل

ساقه گل‌دهنده سیر به شکل خمیده ظاهر شده و در ادامه رشد و نمو، مستقیم و عمودی می‌شود (شکل ۸). گل آذین سیر شامل گل‌ها و سیرچه‌های هوایی است (شکل۹). یک پوشش نازک (اسپات[1]) گل‌آذین را پوشش می‌دهد. اسپات در یک سمت شکافته شده و چترها (که بسته به رقم اندازه آنها تفاوت زیادی دارند) ظاهر می‌شوند. علاوه بر این در گل‌آذین ممکن است تعدادی گل‌های کوچک سفید مایل به سبز، صورتی و ارغوانی وجود داشته باشد (دی‌لاکروز مدینا و گارسیا، ۲۰۱۷).

1. Spathe

شکل ۸- ساقه گل‌دهنده سیر در ابتدای رشد و نمو



شکل ۹- گل‌آذین بعد از باز شدن پوشش گل حاوی سیرچه هوایی و گل

در انواع سیر گل‌دهنده یک تعادل یا رقابت بین اندام‌های ذخیره‌ای و گل‌ها بر حسب نمو نسبی و تخصیص منابع وجود دارد. گل‌های در حال نمو برای به‌دست آوردن مواد فتوسنتزی، توان رقابتی کمابیش ضعیفی با سیرچه‌های هوایی در حال رشد دارند و در بسیاری از موارد، این رقابت سبب سقط گل می‌شود (عباسی‌فر و همکاران، ۱۳۹۴). این موضوع حتی در ارقامی که گل‌ها از بین نمی‌روند و بذر تشکیل می‌شود (شکل ۱۰) نیز رخ می‌دهد. در ارقام گل‌دهنده، حتی بعد از بلوغ نیز، ساقه گل‌دهنده ایستاده و محکم است.

شکل ۱۰- شکل بذر

گل سیر نیز همانند گل پیاز کامل بوده و شامل شش پوشش گل، شش پرچم و یک مادگی سه برچه‌ای می‌باشد. هر برچه شامل دو تخمک است. تعداد گل‌های هر چتر کمتر از ۱۰ تا بیش از ۳۰۰ عدد متغیر است ولی فاصله تعداد گل‌ها بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ عدد می‌باشد. در سیر پدیده نر پیش‌رسی[1] مشاهده می‌شود و به‌طور معمول بین آزاد شدن دانه گرده و آمادگی کلاله برای پذیرش آن، فاصله دو تا چهار روزه وجود دارد (دی‌لاکروز-مدینا و گارسیا، ۲۰۱۷).

۲-۲-۵-سوخ

سوخ سیر از یک پوسته نازک کاغذی به رنگ سفید، خرمایی و تا متمایل به بنفش و تعدادی سیرچه تشکیل شده است. از نظر اندازه، شکل و رنگ سوخ، تعداد و اندازه سیرچه، تنوع زیادی در ارقام سیر مشاهده می‌شود (شکل ۱۱). در سیرهای گل‌دهنده هر سوخ حاوی ۴ تا ۱۲ سیرچه بوده که تقریبا هم اندازه می‌باشند. در سیرهای غیر گل‌دهنده تعداد سیرچه‌ها بیشتر (۱۰ تا ۵۰ عدد) و از نظر اندازه بسیار متفاوت بوده و در چند ردیف قرار گرفته‌اند.

1. Protandry

شکل۱۱- تنوع شکل، اندازه و رنگ سوخ در ارقام مختلف سیر

کشاورزان معمولا تعداد هشت تا ۱۰ سیرچه را ترجیح می‌دهند، هرچند معمولا تعداد ۲۰-۱۵ سیرچه در هر سوخ دیده می‌شود. هر سیرچه از دو برگ تغییر شکل یافته تشکیل شده است. یکی از آنها حجیم شده و اندام ذخیره‌ای را می‌سازد و دومی همانند پوستی نازک سطح خارجی اولی را می‌پوشاند (روباتزکی و یاماگوچی[1]، ۱۹۹۷).

۲-۳-منابع ژنتیکی

از زمانی که واویلوف (۱۹۲۶) مراکز جغرافیایی تنوع ژنتیکی را کشف نمود اطلاعات عمومی از منابع ژنتیکی افزایش یافت. با وجود این موضوع، تاحدود ۵۵ سال پیش گونه‌های جنس آلیوم جمع‌آوری و حفاظت نشده بودند ولی از آن زمان به بعد، توده‌های بومی کشت شده این جنس از جمله سیر جمع‌آوری و حفاظت شدند. کلکسیون‌های سیر هم اکنون در مزارع بانک ژن با هدف ازدیاد رویشی در آلمان، هلند، روسیه، ایالات

1. Rubatzky and Yamaguchi

متحده امریکا، جمهوری چک و رژیم اشغالگر قدس نگهداری می‌شوند. بزرگ‌ترین کلکسیون‌های سیر وحشی در آلمان (IPK, Gatersleben)، انگلستان (RBG, Kew)، لهستان (Skierniewice) و ایالات متحده آمریکا (Pullman, Washington) قرار دارند (کامنترکی و همکاران، ۲۰۰۷).

تنوع ژنتیکی در مزارع کلکسیون‌های سیر از طریق اختلافات ریخت‌شناسی و نموی، زیست‌شیمیایی و تجزیه DNA مشخص شده‌اند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۵).

هر چندتجزیه و تحلیل آنزیمی و فن‌آوری مولکولی تنوع ژنتیکی وسیعی را در گونه مرکب (مختلط) سیر نشان داده‌اند (ماب و کلاس[1]، ۱۹۹۵؛ الزهیم و همکاران[2]، ۱۹۹۷)، ولی مشخص گردید که الگوی پراکندگی آنزیم برای گروه‌های مختلف مرفوفیزیولوژیکی مشابه می‌باشد. در نتیجه چند رقم از ژاپن و شمال چین با خصوصیات رشدی متفاوت تنها یک فرمول آنزیمی داشتند (میسیان و همکاران[3]، ۱۹۹۳). در برزیل تجزیه ایزوزایم نشان داد که فقط دو گروه در ۷۳ کلون مورد مطالعه وجود داشت، در حالی‌که تنوع بیشتری از لحاظ خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی بین آنها مشاهده گردید (سایکیورا و همکاران[4]، ۱۹۸۵). نتایج حاصل از تعیین تنوع ژنتیکی در سیر با استفاده از ایروزایم و فن‌آوری راپید مشابه با نتایج ریخت‌شناسی می‌باشد ولی قادر به تشخیص تنوع ژنتیکی در کلون‌ها نمی‌باشند. معرفی فن‌آوری AFLP، مطالعه تنوع ژنتیکی در سیرهای موجود در بانک ژن و کلکسیون‌ها را آسان کرد. مقایسه نتایج حاصل از فن‌آوری AFLP با نشانگر راپید و ایزوزایم مشخص نمود که با استفاده از AFLP تنوع ژنتیکی بین کلون‌هایی با قرابت ژنتیکی نزدیک را می‌توان آشکار نمود که با نشانگر راپید و ایزوازیم قابل تشخیص نمی‌باشند.

1. Maaß and Klaas
2. Al-Zahim et al.
3. Messiaen et al.
4. Siqueira et al.

وفایی و همکاران (۱۳۸۸) تنوع ژنتیکی ۳۷ توده سیر جمع‌آوری شده از مناطق اصلی کشت و کار سیر در ایران را با استفاده از نشانگرهایAFLP مورد بررسی و با نتایج حاصل از داده‌های ریخت‌شناسی مقایسه نمودند. دندروگرام رسم شده بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، توده‌های سیر ایرانی را در شش گروه اصلی قرار داد در حالی که بر اساس صفات ریخت‌شناسی مورد ارزیابی کل توده‌ها در چهار گروه کلی قرار گرفتند. در نتایج حاصل ازداده‌هایAFLP تشابه بین خوشه‌ها کمابیش بالا بود (۵۸ تا ۱۰۰ درصد). در کل همبستگی نسبی بین تنوع ژنتیکی و پراکنش جغرافیایی توده‌های سیر ایرانی مشاهده شد.

مطالعات زیست‌شیمیایی و مولکولی مشخص نمود که حداکثر تنوع ژنتیکی در ارقام آسیای مرکزی مشاهده می‌شود. (پولرو سیمون، ۱۹۹۳ الف؛ ماب و کلاس، ۱۹۹۵؛ هنگ[1]، ۱۹۹۹؛ سیمون[2]، ۲۰۰۳؛ شمش و همکاران ، ۲۰۰۸)که احتمالا می‌تواند به عنوان مهم‌ترین منبع تنوع ژنتیکی سیر مورد استفاده قرار گیرد. ژن‌های Longicuspis درخارج از آسیای مرکزی کمتر مشاهده شده و ممکن است ژن‌های این گروه برای مطالعات ژنتیکی و به‌نژادی گیاهان بسیار مهم باشد (کامنتزکی، ۲۰۰۷).

بقالیان و همکاران (۱۳۸۳) خصوصیات ۲۴ توده بومی از نقاط مختلف ایران را مطالعه نمودند. نتایج این پژوهش مشخص نمود از نظر وزن سوخ، تعداد و وزن سیرچه، رنگ سوخ و درصد آلیسین تنوع وسیعی در این توده‌ها مشاهده می‌شود.

ارزیابی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی ۱۹ اکوتیپ سیر مناطق شمال و شمال غرب کشور نشان دهنده تنوع قابل توجه از لحاظ تعداد و ارتفاع برگ، وزن سوخ، تعداد سیرچه، درصد ماده خشک سیرچه و میزان تندی در این مرفوتیپ‌ها بود (عمارلو و همکاران، ۱۳۹۳).

---

1. Hong
4.Simon

علاوه بر کلکسیون‌های مزرعه‌ای، کشت‌های درون شیشه‌ای (in vitro) یک روش موثر برای حفاظت ژرم پلاسم‌های ارزشمند می‌باشد (کللر و سنولا[1]، ۲۰۰۱). هم‌چنین این روش می‌تواند برای احیا کلکسیون‌ها در شرایط عاری از ویروس استفاده شود (زهنگ[2]، ۲۰۰۴). قائمی‌زاده و همکاران [3] (۲۰۱۴) امکان حذف ویروس کوتولگی زرد پیاز[4] و ویروس‌های سیر[5] در همگروه[6] سیر همدان را به دو روش کشت مریستم و گرما درمانی گزارش نموده‌اند. پژوهش در ارتباط با ریز ازدیادی سیر منجر به ارائه روش انجماد نگهداری (cryopreservation) در شرایط invitro و هم‌چنین انتقال ژن (انتقال و بیان ژن خارجی در یک موجود) گردید (کللر و سنولا، ۲۰۰۱؛ زهنگ، ۲۰۰۴). در غیاب هیبریداسیون جنسی، هیبریداسیون سوماتیکی (تولید هیبرید از طریق مخلوط کردن پروتوپلاسم‌های سوماتیکی دو گونه یا دو رقم) و انتقال ژنتیکی روش‌هایی برای انتقال ژن در سیر فراهم می‌کنند.

1. Keller and Senula
2. Zheng
3. Ghaemizadeh
4. Onion yellow dwarf virus
5. Garlic viruses (GarVs) A-D
6. Clone

فصل سوم

عبدالستار دارابی

فیزیولوژی رشد و نمو

۳-۱- جوانه‌زدن و سبز شدن

با افزایش دوره انبارمانی سوخ‌ها در مرحله پیش از کاشت، زمان لازم از کاشت تا ظهور جوانه کاهش می‌یابد. نگهداری در دمای حدود ۷/۵ درجه سانتی‌گراد نیز منجر به تسریع جوانه‌زنی خواهد شد (میسیان و همکاران، ۱۹۹۳).نگهداری سوخ در دماهای صفر و یا ۲۰ درجه سانتی‌گرد، باعث کاهش سرعت سبز شدن خواهد شد. علاوه بر این مشخص شده است که سرعت سبز شدن به دمای محیط پس از کاشت نیز بستگی دارد (شکاری و همکاران، ۱۳۸۸).

۳-۲-تشکیل برگ و رشد رویشی

تشکیل یک آغازه برگ از برآمدگی نقطه رشد درون سیرچه شروع می‌شود. نقطه رشد انتهایی به صورت یک حلقه کامل و تا حدودی برآمده نمو می‌کند. آغازه برگ بعدی در جهت مخالف با برگ قبلی نمو نموده و در نتیجه آرایش برگ‌ها در سیر متناوب می‌باشد. هر برگی درون غلاف برگ قبلی رشد و نمو می‌کند و در ادامه از غلاف خارج

می‌شود. این الگوی رشد و نمو در پیاز نیز دیده می‌شود (کامنتزکی و رابینوویچ[1]، ۲۰۰۱). بنابراین در هنگام رشد و نمو، برگ‌های مسن‌تر برگ‌های جوان را احاطه نموده و قسمت‌های بالایی غلاف‌ها به صورت ساقه کاذب[2] در می‌آیند. در شرایط مزرعه در هرگیاه ۱۰ تا ۱۲ برگ تشکیل شده که می‌توانند به ارتفاع ۷۵ تا ۹۰ سانتی‌متر برسند. تاریخ کاشت و اندازه سیرچه مادری بر اندازه برگ و عملکرد سوخ تاثیر دارند. معمولا سیرچه‌های بزرگ‌تر مواد ذخیره‌ای بیشتری در مقایسه با سیرچه‌های کوچک‌تر دارند و در نتیجه باعث افزایش رشد و نمو در ابتدای فصل رشد می‌شوند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴الف).

۳-۳-سوخ‌دهی

تشکیل سوخ در سیر به دو مرحله تقسیم می‌شود: مرحله اول، تشکیل جوانه‌های جانبی در محور برخی از برگ‌های جوان. مرحله دوم، تبدیل جوانه‌های جانبی به سیرچه و تشکیل سوخ (کامنتزکی، ۲۰۰۷). نسبت سوخ‌دهی (نسبت بزرگ‌ترین قطر سوخ به کوچک‌ترین قطر گردن) از ۱/۲ در مرحله رشد رویشی به پنج و یا بیشتر در هنگام بلوغ می‌رسد (بروستر، ۱۹۹۴).

مشخص شده است که تشکیل سوخ بوسیله محرک‌های خارجی همانند طول روز و دما القا می‌شود ولی به‌هرحال سازوکارهای فیزیولوزیکی درونی که سبب اختلاف سوخ‌دهی در ارقام مختلف در شرایط محیطی یکسان می‌شوند نیز در این پدیده موثرند (کامنتزکی، ۲۰۰۷). بسیاری از ارقام به‌خصوص در مناطق معتدله باید با دمای پایین در هنگام انبارمانی یا در هنگام کاشت و یا در هنگام رشد گیاه در مزرعه مواجه شوند تا سیرچه و سوخ تشکیل شود. سیرچه‌هایی که در دمای بالاتر از ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد انبار شده و یا در مزرعه در معرض این دما قرار گرفته باشند نمی‌توانند سوخ را تشکیل دهند و به رشد رویشی ادامه می‌دهند. به طور معمول دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای القای سوخ‌دهی مناسب است، هر چند که بعضی از ارقام برای تشکیل سوخ باید با دمای

1. Kamenetsky and Rabinowitch
2. Pseudostem

کمتر از چهار درجه سانتی‌گراد مواجه شوند. مدت زمان بین خروج گیاهچه تا تشکیل سوخ در گیاهانی که سیرچه‌های مادری آنها در انبار سرد نگهداری شده باشند کمتر است. در رقم کالیفرنیا لیت[1] با نگهداری سیرچه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و یا بیشتر، جوانه-زدن به تاخیر افتاد، رشد کند شده و بعد از جوانه‌زدن برگ‌های نازک تولید شدند. نگهداری سوخ‌ها در دمای ۲۰- ۱۵ درجه سانتی‌گراد سبب تسریع در جوانه زدن، تولید برگ عریض و سوخ بزرگ گردید. انبار کردن سیرچه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد سبب تاخیر در جوانه زدن گردید ولی بعد از جوانه‌زدن رشد برگ سریع بود و برگ‌های نازک تولید شدند ولی ارتفاع برگ در مقایسه با برگ‌های حاصل از سیرچه‌های انبارشده در دمای بالاتر بیشتر بود (بروستر، ۲۰۰۸). نگهداری طولانی مدت در دمای پایین‌تر از چهار درجه سانتی‌گراد ممکن است سبب تولید سوخ‌های تک سیرچه‌ای و یا بلوغ زود هنگام سوخ‌های کوچک شود (وو و همکاران[2]، ۲۰۱۵).

طول روز بلند هم برای القای خواب در جوانه‌های جانبی و هم برای تشکیل سیرچه ضروری است (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴ ب). ارقام سیر از نظر واکنش به طول روز برای تشکیل سوخ اختلاف دارند. در مناطق کم ارتفاع گرمسیری در بسیاری از ارقام ممکن است به دلیل بالا بودن دما و کوتاه بودن طول روز، میزان تشکیل سوخ پایین باشد. در چنین شرایطی همه برگ‌های تشکیل شده، ممکن است به رشد رویشی ادامه دهند و بنابراین نه سوخ و نه گل تشکیل نخواهند شد (کامنتزکی، ۲۰۰۷).

کمیت و کیفیت نور نیز بر تشکیل سوخ موثر است. پایین بودن نسبت نور قرمز به قرمز دور در طول روز القایی (طول روز مناسب برای تشکیل سوخ) سبب افزایش سرعت سوخ‌دهی می‌شود. علاوه بر این نور قرمز دور و یا نور آبی تاثیر بیشتری در تشکیل سوخ دارد (شکاری و همکاران، ۱۳۸۸). تاثیر مثبت نور آبی به افزایش جذب نشاسته نسبت داده

1. California Late
1. Wu

می‌شود (وترمن[1]، ۱۹۷۳) آزمایش‌های سایه‌دهی نشان داده‌اند که شدت تشعشع پایین موجب کاهش تشکیل سوخ خواهد شد (رحیم و فردهام[2]، ۱۹۹۰).

وقتی که سیرچه‌های تیمار شده با سرما پس از کاشت با تنش آب مواجه می‌شوند، در مقایسه با گیاهانی که با آب کافی آبیاری شده‌اند، برگ ذخیره‌ای دیرتر تشکیل می‌شود. مصرف زیاد نیتروژن، رشد برگ‌های رویشی را تحریک و بنابراین تا حدودی از تشکیل سیرچه جلوگیری می‌کند (تاکاگی، ۱۹۹۰).

هانگ جیو و همکاران[3] (۲۰۲۰) با غوطه‌ور کردن سیرچه‌ها قبل از کاشت به‌مدت ۲۴ساعت در محلول اسید جیبرلیک (GA_3) گزارش نمودند در اثر این تیمار تعداد سیرچه در سوخ به طور معنی‌داری افزایش و تعداد سوخ‌های تک‌سیرچه‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافته است. هم‌چنین نتایج این تحقیق مشخص نمود میزان هورمون‌های درون‌زاد گیاهی (جیبرلین، اسید نفتالین استیک و زآتین ریبوساید) و قندهای ساکاروز و فروکتوز در برگ‌ها و ساقه رشد جوانه‌های جانبی را تنظیم می‌کنند.

تشکیل سوخ در سیر ممکن است در اثر تجمع اسید جاسمونیک القا شود. کاربرد جاسمونات پتاسیم ۶۰ روز بعد از کاشت ریز نمونه در کشت بافت، سوخ‌دهی را از طریق افزایش غلظت ساکاروز، بیشتر نمود (جاومی و همکاران[4]، ۱۹۹۷). طول روز تعادل فایتوکروم را تنظیم کرده و از این طریق برتولید آنزیم لیپوکسی ژناز، که مسئول ساختن اسید جاسمونیک در شاخ و برگ می‌باشد، موثر است (سمبدنر و پارتیر[5]، ۱۹۹۳).

در شرایط کشت درون شیشه‌ای در کشت جوانه‌های جدا شده از سیرچه کاربرد ۱۰ پی‌پی‌ام بنزیل آدنین از تشکیل سوخ جلوگیری نمود. زیرا بنزیل آدنین یک اثر قوی در شکستن خواب سیر دارد. به نظر می‌رسد اثر مهم این ماده در جلوگیری از خواب باشد. بنابراین بنزیل آدنین رشد رویشی را افزایش داده و از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای

1. Vettermann
2. Rahim and Frodham
3. Hong-jiu et al.
4. Jaume et al.
5. Sembdner and Parthier

جلوگیری می‌کند. اتوفن (تولیدکننده اتیلن) با غلظت چهار پی‌پی‌ام در کشت بافت جوانه، از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای جلوگیری می‌کند. محلول‌پاشی گیاهان با اتوفن از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای در گیاهان در مزرعه نیز جلوگیری نمود. هم‌چنین غوطه‌ور کردن سیرچه‌ها قبل از کاشت در محلول ۲۴۰ تا ۴۸۰ پی‌پی‌ام اتوفن مانع از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای شد. به دلیل این‌که اتیلن تاثیری در شکستن خواب سوخ ندارد، به نظر می‌رسد اثر باز دارندگی این ماده در جلوگیری از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای ارتباطی با اثر بنزیل آدنین نداشته باشد. برخلاف این نتایج گزارش شده است که کاربرد ۲۵۰ تا ۷۵۰ پی‌پی‌ام اتوفن در مرحله چهار برگی رشد گیاه و عملکرد سوخ را افزایش خواهد داد. نفتالین اسید استیک (NAA) با غلظت نیم تا ۴ پی‌پی‌ام رشد برگ‌های ذخیره‌ای در کشت بافت جوانه را افزایش داد ولی مصرف هشت پی‌پی‌ام یا بیشتر از این ماده، از رشد برگ‌های ذخیره‌ای جلوگیری نمود. نفتالین اسید استیک با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام یا بیشتر از تشکیل برگ‌های ذخیره‌ای در گیاهان در مزرعه جلوگیری نمود (تاکاگی، ۱۹۹۰).

۳-٤-عوارض فیزیولوژیک

۳-٤-۱-رشد ثانویه سیرچه

در ارقام معمولی، در بیشتر موارد از هر جوانه جانبی فقط یک برگ ذخیره‌ای تشکیل می‌شود، ولی در بعضی از ارقام، یک جوانه جانبی ممکن است دو یا تعداد بیشتری برگ ذخیره‌ای تشکیل دهد. در این حالت، جوانه‌های جانبی ثانویه در محور بعضی از برگ‌های جوانه اولیه تشکیل می‌شوند و هر کدام از این جوانه‌های جانبی به صورت یک برگ ذخیره‌ای نمو می‌کند. در نتیجه ممکن است یک خوشه‌ای از سیرچه‌های کوچک که سیرچه‌های ثانویه نامیده می‌شوند از جوانه اولیه منشا بگیرند. به‌دلیل اثرات منفی اقتصادی، مطالعات زیادی در مورد این عارضه در سیر انجام شده است (تاکاگی، ۱۹۹۰؛ میسیان و همکاران، ۱۹۹۳؛ پرتلا[1]، ۲۰۰۱). زیرا عارضه مزبور به‌دلیل تولید تعداد زیاد سیرچه و شکل

1. Portela

نامناسب این سیرچه‌ها سبب کاهش کیفیت سوخ می‌شود. دمای پایین، طول روز کوتاه، مصرف بیش از حد کود نیتروژنه، آبیاری زیاد و تراکم نامناسب از عوامل موثر در بروز رشد ثانویه در سیرچه می‌باشند. رشد ثانویه را ممکن است با انتخاب ارقام مناسب، کنترل دما و رطوبت در انبار و سایر عملیات زراعی کنترل نمود (زین هیوا و وفنگ[1]، ۱۹۹۷).

۳-٤-۲-سوخ‌های نامنظم و یاخشن[2]

در صورتی که گیاه قبل از مواجه شدن با طول روزهای بلند و دمای بالا مورد نیاز برای تشکیل سوخ، برای مدت بسیار طولانی در معرض دماهای پایین قرار گیرد، جوانه-های جانبی ممکن است به شاخه‌های برگی نمو یابند، این شاخه‌های جانبی سپس به خودی خود به سیرچه‌های متعددی نمو پیدا می‌کنند که به صورت کیسه‌های برآمده و بی‌نظمی در اطراف سوخ اصلی دیده می‌شوند (شکل ۱۲). چنین سوخ‌های بدشکلی به سوخ‌های نامنظم و یا خشن معروف هستند. سوخ‌های خشن هنگامی پدیدار می‌گردند که سوخ‌های انبار شده در مرحله پیش از کاشت، به‌مدت طولانی در دماهای صفر تا پنج درجه سانتی-گراد انبار شوند. چنین حالتی در عمل، اغلب پس از زمستان‌های استثنایی سرد دیده می-شود (مسییان و همکاران، ۱۹۹۳).

شکل ۱۲- نحوه قرار گرفتن سیرچه‌ها در سوخ نامنظم (خشن)

2. Xinhua and Wufeng
1. Rough bulb

۳-٤-۳-سیرچه گرد[1] و یا سوخ تک سیرچه‌ای

اگر برخی از ارقام سیر پیش از مواجه شدن با طول روز بلند و دمای بالای القایی به اندازه کافی در معرض دمای پایین قرار نگیرند، قادر به تولید جوانه‌های جانبی نخواهند بود. در این حالت به جای تولید سوخ طبیعی با چندین سیرچه تنها یک سیرچه کانونی و بزرگ به‌نام سیرچه گرد تولید می‌گردد (شکل ۱۳). چنین عارضه‌ای هم‌چنین به هنگام ازدیاد سیر از سیرچه‌های بسیار کوچک و یا سیرچه‌های هوایی کوچک نیز مشاهده می‌شود (بروستر، ۱۹۹۷).

شکل ۱۳- سوخ گرد حاوی فقط یک سیرچه بزرگ

۳-٤-٤-تجزیه مومی[2]

این عارضه در انبار و بیشتر در سیرچه‌های کهربایی، سیرچه‌های کوچک، سیرچه‌های میان تهی و بخشی از سیرچه‌های تازه که به دلیل تورم پاره شده و دارای نمایی زرد و روشن و در برخی مواقع شفاف هستند، مشاهده می‌گردد. در همه این موارد حالت مومی به هنگام لمس سیرچه قابل احساس است (شکل ۱۴). مشخص شده است که تجزیه مومی با عدم تهویه کافی و اکسیژن کم در زمان انبارمانی مرتبط است (شکاری و همکاران، ۱۳۸۸).

2. Round clove or Slngle clove bulb.
1. Waxy breakdown

شکل ١٤- سیرچه مبتلا به عارضه تجزیه مومی (سمت چپ) و سیرچه سالم (سمت راست)

۳-۵-خواب سوخ

همانند پیاز، سوخ سیر در مراحل مختلف رشد و نمو واکنش‌های متفاوتی نسبت به دما دارد. در مرحله قبل از رسیدن و هنگامی که سوخ هنوز وارد مرحله بلوغ نشده است، مدت خواب (که بوسیله تعداد روز از کاشت تا جوانه‌زدن مشخص می‌شود) در دمای ۳۵ درجه-سانتی‌گراد کاهش می یابد. وقتی که سوخ بالغ شد خواب در دمای انبار بین پنج تا ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد به‌سرعت شکسته خواهد شد ولی هم در دمای بالاتر وهم پایین‌تر مدت زمان حواب افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری سرعت تنفس بلافاصله بعد از بلوغ سوخ مشحص نمود که این پدیده در دماهای پنج،۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بسیار بالاتر از دمای صفر و۲۰ درجه سانتی‌گراد است. بنابراین همانند پیاز، در دمای نسبتا گرم دوره خواب ادامه یافته و فعالیت‌های متابولیکی متوقف خواهند شد. دمای بهینه برای جوانه‌زنی سیر پنج تا ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد است که در مقایسه با پیاز حدود پنج درجه سانتی‌گراد کمتر است. سه روز بعد از کاشت سیرچه بر روی ماسه مرطوب، ریشه ظاهر شده که یک چهارم زمان مورد نیاز بری ظهور جوانه می‌باشد. بنابراین همانند پیاز، در سیر هم ریشه‌دهی قبل از جوانه‌زنی شروع می‌شود. مشابه با جوانه‌زدن، بهترین دما برای ریشه‌دهی پنج تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. غوطه‌ور کردن سیرچه در بنزیل آدنین قبل از کاشت، جوانه‌زنی را به میزان زیادی تسریع خواهد کرد که نشان‌دهنده نقش سایتوکینین در شکستن خواب می‌باشد. در عمل سوخ‌ها به طور طبیعی در دمای محیط نگهداری می‌شوند. نتایج

آزمایشات مشخص نموده است دمای منهای یک تا منهای سه درجه سانتی‌گراد دمای بهینه برای نگهداری طولانی مدت سوخ است. دمای مناسب برای انبارمانی سوخ ۲۰ تا ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد است. اما در این دما رطوبت سوخ به‌سرعت کاهش یافته و سوخ‌ها چروکیده خواهند شد. به‌منظور جلوگیری از رشد کپک و ریشه‌دهی در طول دوره انبارمانی رطوبت نسبی باید از ۷۰٪ کمتر شود. همانند پیاز با محلول پاشی با مالئیک هایدروزاید در مرحله‌ای که سوخ‌ها بالغ شده‌اند ولی هنوز شاخ و برگ سبز است و یا با پرتودهی سوخ‌ها بعد از برداشت با اشعه گاما می‌توان از جوانه‌زنی جلوگیری نمود (بروستر، ۲۰۰۸).

۳-٦-گل‌دهی

اختلاف قابل توجهی از نظر توان گل‌دهی در ارقام سیر مشاهده می‌شود، میزان نمو گل‌آذین به طور قابل توجهی در ژنوتیپ‌ها متفاوت است و بر اساس میزان نمو گل آذین، سیر را می‌توان به سه گروه تقسیم بندی نمود:

گل‌دهنده کامل[1]**:** در این گروه یک ساقه گل‌دهنده ضخیم تولید می‌شود که حاوی تعداد زیادی گل و سیرچه می‌باشد. در این گروه سیرچه در محور جوان‌ترین برگ اول و دوم تشکیل می‌شود.

گل‌دهنده ناقص[2]**:** در این گروه نیز معمولا ساقه گل‌دهنده تولید می‌شود اما این اندام نسبت به ساقه گل‌دهنده در ارقام گل‌دهنده کامل کوتاه‌تر و نازک‌تر است. در نهایت ساقه گل‌دهنده و سیرچه‌های هوایی درون سوخ باقی می‌مانند. در هرگل‌آذین تعداد اندکی سیرچه هوایی بزرگ تولید می‌شود. میزان رشد ساقه گل‌دهنده در میان گیاهان هرگروه به‌طورکامل متفاوت است. در بعضی از ژنوتیپ‌ها سیرچه در محور سومین برگ جوان و یا برگ‌های بعدی و در بعضی از ژنوتیپ‌های دیگر سیرچه در محور جوان‌ترین برگ اول و دوم تشکیل می‌شود.

1. Complete bolting
2. Incomplete bolting

غیرگل‌دهنده[1]: در این گروه به طور طبیعی ساقه گل‌دهنده تشکیل نمی‌شود و تعداد زیادی سیرچه تولید می‌شود ولی به‌ندرت ساقه گل‌دهنده نمو می‌کند. در این گروه سیرچه‌ها در محور پنجمین برگ جوان و یا برگ‌های بالاتر تشکیل می‌شوند. در هنگامی که در گروه گل‌دهنده ناقص ساقه گل‌دهنده خیلی کوتاهی درون سوخ تشکیل می‌دهند، ممکن است از نظر ظاهری همانند گروه غیرگل‌دهنده باشند (تاکاگی، ۱۹۹۰).

عباسی‌فر و دشتی (۱۳۹۴) خصوصیات ریخت شناسی و ارتباط این خصوصیات با گل-دهی را در ۳۰ کلون سیر بومی کشور شامل ارقام گل‌دهنده‌ی مازندران، آستانه اشرفیه، چینی زابل، جویبار، لشت نشاء، محلی لنگرود، محلی سیستان، مازندران ۱، مازند زابل، نجکش بهشهر، پائین نقب بابلسر، رمدان گلوگاه، تبریز، تنکابن و یزد ؛ و ارقام غیرگل-دهنده‌ی اهواز، الموت ۲، علی‌آباد، همدان، بهار، قاین، قزوین ۲، گلپایگان، کاشمر، مشهد۱، مشهد ۲، شیروان، سولان همدان، طبس، تربت جام و تویسرکان را در اراک بررسی نمودند. نتایج این بررسی مشخص نمود هم‌گروه تربت‌جام، یک هم‌گروه غیرگل-دهنده، با میانگین عملکرد ۳/۳۳ کیلوگرم در متر مربع بیشترین عملکرد را داشت که فقط با هم‌گروه‌های مشهد ۱، قزوین۲، قاین و الموت ۲ که همگی غیرگل‌دهنده بودند، تفاوت معنی‌داری نداشت. در مجموع از مقایسهٔ میانگین صفات در بین هم‌گروه‌های گل‌ده و غیرگل‌ده مشخص می‌شود سیرهای گل‌دهنده تعداد برگ در بوته، طول برگ، عرض برگ، قطرساقه مجازی (کاذب)، وزن سوخ، تعداد سیرچه در سوخ و نیز عملکرد کمتری نسبت به سیرهای غیرگل‌دهنده داشته‌اند. درحالی‌که سیرهای گل‌دهنده نسبت به سیرهای غیرگل دهنده از درصد مادهٔ خشک بیشتر و طول ساقهٔمجازی بلندتری برخوردار بودند. مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که صفت گل‌دهی، با تمامی صفات به‌جز طول ساقهٔ مجازی و درصد مادهٔ خشک همبستگی منفی معنی‌داری دارد. با توجه به این‌که سیرهای گل‌دهنده نسبت به سیرهای غیرگل‌دهنده تعداد، طول و عرض برگ، قطر ساقه مجازی، وزن سوخ و سیرچه، تعداد سیرچه در سوخ و عملکرد کمتر و طول

3. Non bolting

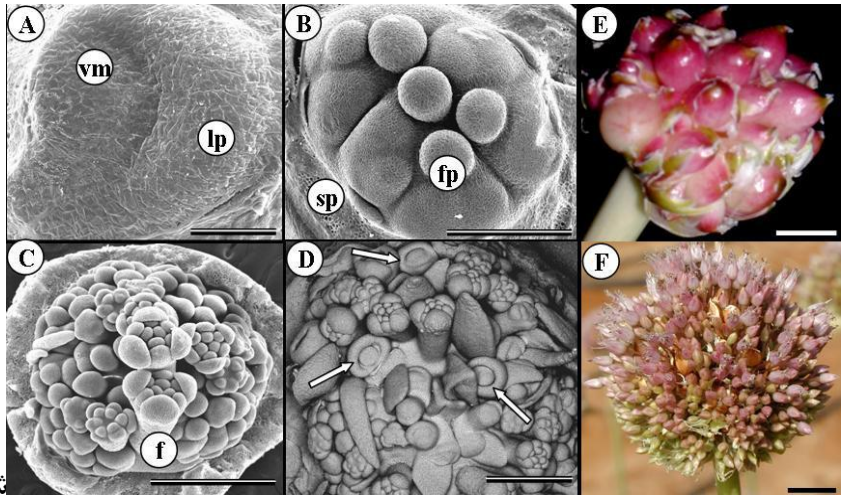
ساقه مجازی و درصد ماده خشک بیشتری داشتند، می‌توان از این صفات ریخت‌شناسی به منزله نشانگر در انتخاب انواع هم‌گروه‌های سیر گل‌هنده و برای کارهای به‌نژادی استفاده کرد.

همانند دیگر گیاهان پیازی، ارقام گل‌دهنده سیر بایستی به یک حداقل اندازه یا بلوغ فیزیولوژیکی برسند تا به مرحله گل‌دهی وارد شوند. بنابراین در کشت بهاره که زمان کافی برای رسیدن گیاهان به این مرحله وجود ندارد، یاگیاهان به‌طورکامل گل نداده و یا گل‌دهی کاهش خواهد یافت. در ارقام گل‌دهنده متوقف شدن رشد ساقه گل‌دهنده، سبب تولید یک ساقه خیلی کوتاه گل‌دهنده و تشکیل گل و سیرچه‌های هوایی می‌شود که ممکن است، بالای سیرچه‌ها و درون سوخ محصور شوند و از ساقه کاذب خارج نشوند یا ممکن است به صورت یک ساقه کوتاه در بالای ساقه کاذب دیده شوند (کامنتزکی، ۲۰۰۷).

گل‌دهی سیر شامل پنج مرحله می‌باشد: ۱- انتقال مریستم انتهایی از مرحله رویشی به مرحله زایشی، این مرحله بعد از انبار کردن سوخ در دمای پایین و قرار گرفتن در طول روز بلند و در هنگام رشد سریع گیاه در مزرعه روی می‌دهد. دمای پایین مناسب برای این مرحله کمابیش کمتر از دمای مناسب برای القا برگ‌های ذخیره‌ای می‌باشد و بستگی به رقم دارد. بعد از قرار گرفتن سیرچه در معرض دمای پایین، متناسب با افزایش طول روز، تشکیل گل‌آذین تسریع خواهد شد. جذب آب کافی برای تشکیل ساقه گل‌دهنده ضروری می‌باشد، چنانچه وقتی که سیرچه‌های القا شده با دمای پایین در انبار، بعد از کشت، به‌مدت دو هفته با تنش آب در مزرعه مواجه شوند، تشکیل ساقه گل‌دهنده متوقف خواهد شد. شاید عدم تشکیل ساقه گل‌دهنده در دوره انبارمانی به این علت است که بعد از القا شدن سیرچه در انبار، سیرچه‌ها بایستی آب کافی جذب کنند که این عمل در انبار عملی نیست. علاوه بر این برای تولید ساقه گل‌دهنده، سیرچه‌ها بایستی واجد یک حداقل اندازه باشند (تاکاگی، ۱۹۹۰). ۲- طویل شدن ساقه گل‌دهنده، شرایط محیطی مناسب برای این مرحله دمای پایین انبار و مزرعه و طول روز بلند می‌باشد. ۳- تمایز گل‌آذین ۴-

کامل شدن نمو گل‌ها ۵- مرحله شکوفایی (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴الف) (شکل ۱۵).

به‌طور کلی گل‌آذین سیر را می‌توان به عنوان یک گل چتر مانند، که گل‌ها از یک مریستم معمولی منشا می‌گیرند، توصیف نمود. طویل شدن ساقه گل‌دهنده قبل از تشکیل پوشش گل و متورم شدن مریستم صورت می‌گیرد. تمایز گل بعد از آنکه طول ساقه گل-دهنده به پنج تا هفت میلی‌متر و قطر انتهای آن به نیم میلی‌متر میلی‌متر رسید، آغاز می‌شود. سپس هر مریستم انتهایی به چند مریستم تقسیم می‌شودکه در ادامه هر یک از آن‌ها چند آغازه گل تولید می‌کند. هم‌زمان با این پدیده‌های نموی، براکته (پوشش گل) در پیرامون گل‌آذین ظاهر می‌شود. سرعت رشد براکته بیشتر از پریموردیای در حال نمو می‌باشد. تمایز گل‌ها در گل‌آذین هنگامی که قطر این اندام به دو تا سه میلی‌متر می‌رسد، شروع می‌شود (کامنتزکی و رابینوویچ، ۲۰۰۱).



شکل ۱۵- مراحل مختلف تشکیل گل شامل: A: رشد رویشی جوانه انتهایی(vm) ، آغازنده (پریموردیا) برگB: (lp) رشد زایشی جوانه انتهایی، مشاهده شدن اولین آغازنده (پریموردیا) گل(fp)، پوشش گل C: (sp) تمایز گل‌های انفرادی D: (f) تمایز سیرچه‌های هوایی بعد از تمایز گل‌ها E: تشکیل سیرچه‌های هوایی F: تمایز کامل گل‌آذین بعد از شکافته شدن پوشش گل (روتم و همکاران[1]، ۲۰۰۷).

1. Rotem et al.

در هر گل انفرادی، همانند پیاز، موسیر و سایر گیاهان آلیوم پوشش گل و پرچم هم‌زمان از یک آغازنده گل منشا می‌گیرند (کامنتزکی و رابینوویچ، ۲۰۰۲). به‌دنبال تمایز پوشش خارجی گل و پرچم، پوشش داخلی نیز تمایز یافته و آغازش برچه، زمانی که پوشش خارجی گل، پرچم را گنبدوار احاطه می‌کند، آغاز می‌شود (کامنتزکی و رابینوویچ، ۲۰۰۱). در بعضی از ارقام همانند رقم ژاپنی شان‌های‌ویز[1] در هنگام تمایز گل، ممکن است دفرمه شدن گل و تشکیل غیر طبیعی کیسه جنینی روی دهد (اتوه، ۱۹۸۵). هنگامی‌که دم‌گل‌ها طویل شده و گل‌آذین به شکل کروی در می‌آید، مریستم‌های برآمده تمایز یافته در اطراف گل‌آذین مشاهده می‌شوند (کامنتزکی و رابینوویچ، ۲۰۰۱). بعد از باز شدن پوشش گل‌آذین، گل‌های تمایز یافته با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده می‌باشند. سیرچه‌های هوایی در حال رشد معمولا با گل‌های جوان درهم آمیخته‌اند و به گل‌های جوان فشار وارد می‌کنند. بنابراین در بعضی از کلون‌های سیر حذف مداوم سیرچه‌های هوایی در حال رشد سبب تولید گل‌های سالم و تولید دانه گرده فعال می‌شود، در نتیجه گرده افشانی و لقاح انجام گرفته و بذر تولید می‌شود (سیمون و جان درک[2]، ۲۰۰۴). میزان طویل شدن ساقه گل‌دهنده در ارقام سیر بسیار متفاوت می‌باشد. علاوه بر نقش ژنتیک در طویل شدن ساقه گل‌دهنده، شرایط اقلیمی نیز تاثیر قابل توجهی بر این پدیده داشته (تاکاگی،۱۹۹۰) و ممکن است میزان طویل شدن حتی در گیاهان یک کلون نیز متفاوت باشد. مواجه شدن گیاه با روز بلند برای رشد زایشی در سیر الزامی می‌باشد. تحت شرایط روز کوتاه مداوم، ساقه گل‌دهنده درون ساقه کاذب محصور مانده و برای رشد و خروج این اندام از ساقه کاذب طول روز بلند مورد نیاز است. مواجه شدن گیاه با طول روز بلند محرک رشد ساقه گل‌دهنده بوده و شرایط را برای نمو بعدی گل‌آذین و رسیدن به مرحله کامل شدن و شکوفایی مهیا می‌کند، ولی در مرحله کامل شدن، طول روز بلند بایستی توسط یک دوره روز کوتاه گسسته شود (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴

1. Shanhai-wase
2. Simon and Jenderek

ب). در صورتی‌که گیاه فقط در شرایط روز بلند رشد کند، ساقه گل‌دهنده سریع رشد کرده اما فقط در تعداد کمی از گیاهان، گل‌آذین به حداکثر اندازه رسیده و پوشش این اندام شکافته می‌شود. دلیل این موضوع ممکن است رقابت درونی برای جذب مواد غذایی بین سوخ در حال رشد و گل‌آذین باشد (روزن و تانگ[1]، ۲۰۰۱). دمای پایین انبار (بین ۲- تا ۹ درجه سانتی‌گراد) یا مزرعه و طول روز بلند ممکن است سبب طویل شدن ساقه گل-دهنده در ارقام غیرگل‌دهنده و یا گل‌دهنده ناقص شود، در حالی‌که دمای بالا در انبار یا مزرعه و طول روز کوتاه ممکن است از طویل شدن ساقه گل‌دهنده در ارقام گل‌دهنده جلوگیری کند. در گل‌آذین در حال نمو، شرایط محیطی خاص قبل و بعد از کشت می-تواند سبب نمو گل‌های زنده در یک چتر عاری از سیرچه هوایی شود. بهرحال گل‌دهی طبیعی، اگر هر کدام از پنج مرحله گلدهی در سیر متوقف شده یا به طور صحیح انجام نشود، متوقف خواهد شد (شکل ۱۶) (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴ب).

در هنگام گل‌دهی در سیر رقابت بین اندام‌های ذخیره‌ای و گل‌آذین برای جذب مواد غذایی وجود دارد (پولر و سیمون، ۱۹۹۴). به نظر می‌رسد اثر متقابل بین نمو سیرچه در سوخ و نمو سیرچه‌های هوایی در گل‌آذین بر رقابت بین سیرچه‌های هوایی و گل‌ها در گل‌آذین موثر باشند. سوخ دهی بدون آغازش گل در ارقام غیرگل‌دهنده متداول است، اما نمو گل بدون سوخ‌دهی معمولا (به‌جز موارد نادر در کشت بافت) گزارش نشده است.

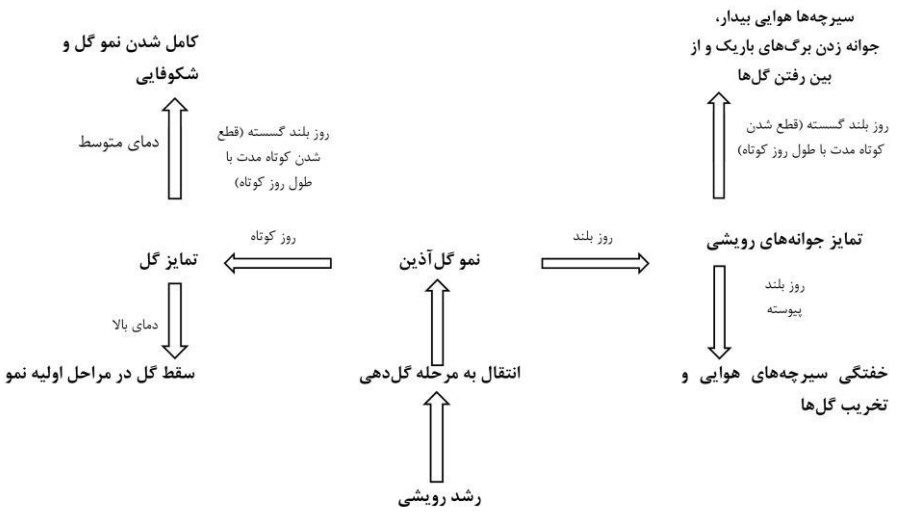
در بیشتر ارقام گل‌دهنده، تشکیل سیرچه قبل از نمو گل صورت می‌گیرد. در سیر نمو سوخ و گل‌آذین به یکی از سه حالت زیر امکان پذیر است:

۱-نمو سوخ بدون نمو سیرچه هوایی وگل در ارقام غیرگل‌دهنده یا ارقام بهاره نشده گل‌دهنده

۲-غالب بودن نمو سوخ بر نمو سیرچه‌های هوایی و گل در ارقام گل‌دهنده

۳-نمو سوخ، سیرچه هوایی و گل در بعضی از ارقام گل‌دهنده، سیرچه وحشی و بعضی گیاهچه‌ها

1. Rosen and Tong



شکل۱٦- تاثیر طول بر نحوه رشد و نمو گل (کامنتزکی و همکاران ، ۲۰۰٤ ب)

خصوصیات ژنتیکی، مهم‌ترین عامل در باروری سیر می‌باشد. ارقام بارور تعداد زیادی گل سالم و سیرچه‌های هوایی تولید می‌کنند. کلون‌های نازا از نظر نمو گل و سیرچه هوایی تنوع زیادی دارند. در ارقامی با سیرچه‌های هوایی بزرگ، پتانسیل کمی برای تولید بذر وجود دارد. در برخی از ارقام نازا، گل‌های ظاهرا سالم و بالغ نمو می‌کنند، اما در بعضی از ارقام نازا، قبل از اینکه جوانه‌ها وارد مرحله میوز شوند، گل‌ها پیر شده و در نتیجه به مرحله بلوغ نمی‌رسند (پولر و سیمون، ۱۹۹۴).

مطالعه گل‌ها در مرحله رشد ساقه گل‌دهنده مشخص نمود که در بعضی از ارقام بارور، گل‌ها سقط می‌شوند (کیو-ینگ و همکاران[1]، ۱۹۹۴) و نمو گل‌ها الزاما منجر به تولید گامت‌های بارور نخواهد شد. مطالعه ۱۶۵ کلون توسط (اتوه، ۱۹۸۵) و ۲۱۵ کلون توسط پولر و سیمسون(۱۹۹۴) مشخص نمود که به‌ترتیب ۴۶ و ۶۵ کلون، گل‌دهنده بودند. ولی یک دوم تا دو سوم از این کلون‌ها به دلیل پژمردگی و مرگ جوانه‌ها نمی‌توانستند گل‌های کاملا بالغ تولید کنند. از میان کلون‌هایی که گل‌های بالغ تولید نمودند به‌ترتیب

1. Qu-Ying et al.

یک و ۲۶ کلون، گرده بارور تولید نمودند. همه این ۲۷ کلون از آسیای مرکزی بودند. در بسیاری از کلون‌های مناطق تنوع سیر، نر باروری نیز گزارش شده است. نازایی در سیر ناشی از رقابت بین گل‌ها و سیرچه‌های هوایی برای جذب مواد غذایی در گل‌آذین در حال نمو می‌باشد (کول و گوهیل[1]، ۱۹۷۰)، تخریب تاپتوم (نواک[2]، ۱۹۷۲) یا بیماری‌های ایجاد شده توسط رایکتتز، مایکوپلاسما یا ویروس‌ها می‌باشد (کونویکا[3]، ۱۹۷۳). در سیر تمایز سیرچه‌های هوایی از اطراف گل‌آذین شروع می‌شود. اندازه، تعداد و سرعت نمو سیرچه های هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است، بدنبال آغازش سیرچه هوایی نمو این اندام سریع بوده و در بیشتر حالات سبب تخریب و ریزش جوانه گل می‌شود. نسبت بین گل‌ها و سیرچه‌ها و زمان ریزش جوانه گل در مرفوتیپ‌های مختلف متفاوت است.

عباسی‌فر و همکاران (۱۳۹۴) گل‌دهی و باروری دانه گرده در هم‌گروه‌های سیر ایرانی در همدان را مطالعه نمودند. برای انجام این پژوهش در تابستان ۱۳۸۹ تعداد ۴۰ هم-گروه سیر از نقاط مختلف کشور جمع‌آوری و ضمن بررسی توان گل‌دهی، مراحل گل-دهی و حذف سیرچه‌های هوایی در هم‌گروه‌های گل‌ده مورد مطالعه گرفت. در تابستان ۱۳۹۰، دوباره ۲۸ هم‌گروه جمع‌آوری و به‌همراه ۱۱ هم‌گروه منتخب از آزمایش مقدماتی سال قبل و یک نمونه از سیر غیرگل‌ده همدان به‌عنوان شاهد در مجموع ۴۰ هم‌گروه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر دو سال آزمایش هم‌گروه‌های سیر مورد بررسی از نوار شمالی و شرق کشور که شرایط اولیه برای ورود به مرحله گل‌دهی را داشته و به مبدا سیر یعنی آسیای مرکزی نزدیک بودند، جمع‌آوری شدند.

آزمون‌های نشانگر مولکولی، جوانه‌زنی دانه گرده، رنگ‌پذیری گرده، کاشت کیسه جنینی و کاشت میوه، همگی ناباروری گرده را در هم‌گروه‌های مورد مطالعه تایید نمودند.

1. Koul and Gohil
2. Novak
3. Konvicka

برای بدست آوردن بذر سیر ایرانی علاوه بر شناسایی هم‌گروه‌های گل‌ده و اقدامات لازم برای حفظ و نگهداری گل بر روی گل‌آذین، باید به هم‌گروه‌هایی دست یافت که گرده بارور نیز داشته باشند تا علاوه بر خود باروری، بتوان از آنها در دگرگرده افشانی گرده نابارور استفاده نمود. گیاهان گرده عقیم شناسایی شده شاید ماده بارور بوده و با انتقال دانه گرده به آنها می‌توان بذر تولید نمود. به دلیل نزدیکی ایران به آسیای میانه (مرکز اصلی پیدایش سیر) و دارا بودن ژرم پلاسم متنوع و غنی، می‌توان انتظار داشت با انجام آزمایش-های پایه‌ای و با یک برنامه چند ساله، موفق به بذر تولید سیر ایرانی شد.

۳-۷- الگوی بیان ژن در گل‌دهی

قائمی‌زاده و همکاران[1] (۲۰۱۹) الگوی بیان ژن را در اندام‌های گل هم‌گروه مازنده (گل‌دهنده) بررسی نمودند. در این تحقیق ژن‌های ASAP1[2]، ASAP2[3]، ASAP3[4]، ASPI[5]، ASAG[6]، ASSTK[7]، ASSEP1[8] و ASSEP3[9] مطالعه شدند. بیان نسبی ژن‌های مورد مطالعه به استثنای ASSTK در گل‌آذین‌های بالغ در مراحل اولیه تشکیل و تمایز اندام‌های گل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیان نسبی ژن ASAP1در پوشش‌های گل و مادگی و ASAP2 در پوشش‌های گل، مادگی و پرچم افزایش معنی‌داری را نشان داد. بیشترین بیان ژن‌های ASAP1 و ASAP2 به‌ترتیب در پوشش‌های گل در مرحله سبز رنگ بودن گل و مادگی در مرحله بنفش رنگ بودن گل‌ها مشاهده گردید. بیان ژن‌های ASAP3 و ASPI در پرچم و مادگی افزایش معنی-داری را نشان دادند و حداکثر بیان این دو ژن به پوشش گل در مرحله سبز رنگ بودن

1.Ghaemizadeh et al.
2. *Allum sativum* APETALA1
3. *Allum sativum* APETALA2
4. *Allum sativum* APETALA3
5. *Allum sativum* PISTILATA
6. *Allum sativu*m AGAMOUS
7. *Allum sativum* SEEDSTICK
8. *Allum sativum* SEPALLATA1
9. *Allum sativum* SEPALLATA3

گل‌ها مربوط بود. بیان نسبی ژن ASAG فقط در اندام‌های زایشی گل‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت و در پرچم و مادگی در هنگام بلوغ گل‌ها کاهش معنی‌داری را نشان دادند. ژن‌های ASSEP1 و ASSEP3 در همه اندام‌های گل‌ها بیان شدند ولی ASSTK فقط در مادگی بیان و در هنگام بلوغ گل‌ها، بیان نسبی آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کامنتزکی و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش نمودند ژن‌های مذکور در گل‌آذین ارقام گل‌دهنده و جود دارند

۳-۸-احیای باروری و تولید بذر سیر

۳-۸-۱-احیای باروری

ناباروری در سیر به‌طور قابل توجهی مانع از بهبود صفات اقتصادی مهمی چون عملکرد، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و کیفیت این محصول شده است. احیای باروری در این گیاه که طی قرن‌ها به صورت رویشی ازدیاد یافته است، امکان نوترکیبی ژنتیکی را برای به‌نژادی یا مطالعات ژنتیکی فراهم می‌کند. این ایده موجب تلاش محققان زیادی در جهت احیای باروری در سیر شده است (کونونکو[1]، ۱۹۵۳؛ زیزاینا[2]، ۱۹۵۶؛ نواک و هاوارنک[3]، ۱۹۷۵؛ اتوه، ۱۹۸۵؛ اتوه و همکاران، ۱۹۸۸؛ اتوه و سیمون، ۲۰۰۲؛ سیمون و جان درک، ۲۰۰۴).

در شرایطی که کلون‌های سیر در شرایط محیطی مشابهی رشد و نمو می‌کنند اختلاف قابل توجهی در ارتباط با چند صفت از جمله تعداد برگ قبل از گل‌دهی، تاریخ گل‌دهی (شکافته شدن پوشش گل)، طول نهایی ساقه گل‌دهنده و هم‌چنین نسبت گل به سیرچه هوایی و زنده بون دانه گرده مشاهده شده است (کامنتزکی،۲۰۰۷). اختلاف قابل توجه بین کلون‌های سیر از نظر توانایی گل‌دهی و نسبت بین گل‌ها و سیرچه‌های هوایی در گل‌آذین سبب ارائه این فرضیه گردید که سیر در ضمن انتقال از تولید مثل جنسی به غیر

1. Kononkov
2. Zizina
3. Novak and Havarneck

جنسی دستخوش تغییراتی شده است (اتوه، ۱۹۸۵). بر اساس این فرضیه اجداد سیر که در آنها تقسیم میوز به‌طور طبیعی انجام می‌شده است، بارور بوده‌اند و تعدادی زیاد گل در چتر، که روی ساقه گل‌دهنده بزرگی قرار داشته، تولید می‌کردند. اجداد سیر در مقایسه با ارقام جدید و نازای امروزی شاید مقاومت بیشتری نسبت به سرما و گرما داشته، تعداد بیشتری برگ تمایز یافته رویشی تولید می‌کردند و دیرتر بالغ می‌شدند و تاریخ بلوغ آنها متفاوت بود (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

وضعیت باروری سیر قبل از اهلی شدن تاکنون نامشخص می‌باشد، اما جهش کروموزومی که سبب ناباروی این محصول شده است شاید طی میلیون‌ها ازدیاد رویشی در این محصول به‌وقوع پیوسته است. در بعضی از ژنوتیپ‌های سیر، تجمع تدریجی جهش‌های کروموزومی، در ضمن میلیون‌ها ازدیاد رویشی، سبب ناباروری کامل، کاهش ارتفاع ساقه گل‌دهنده، کاهش گل‌ها و سیرچه‌های هوایی شده است. اهلی شدن و به‌دنبال آن کشت و شاید انتخاب برای سوخ‌های بزرگ باعث شتاب بیشتر ناباروری در سیر گردید. زیرا تولید ساقه گل‌دهنده سبب کاهش عملکرد سوخ شده و کشاورزان معمولا ساقه گل‌دهنده را حذف می‌کنند (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

در اوایل دهه ۱۹۸۰ تعدادی سوخ از آسیای مرکزی (مرکز اولیه پیدایش سیر) در ازبکستان، تاجیکستان، قرقیزستان و قزاقستان جمع‌آوری گردید (اتوه و همکاران، ۱۹۸۸). کلون‌های جمع‌آوری شده در کاگوشیما در ژاپن کشت شدند و بعد از قطع سیرچه‌های هوایی در۱۷ کلون، گل‌های بارور با بیش از ۳۰۰۰ بذر زنده تولید شد. فقط یک کلون نر عقیم بود. بعد از آن کلون‌های بارور در ارمنستان، جورجیا و سین کیانگ مشاهده شدند (اتوه و همکاران، ۱۹۹۱). پولر و سیمون (۱۹۹۴) با حذف سیرچه‌های هوایی تشکیل بذر را بهبود بخشیدند. آنها متوجه شدند که درصد جوانه‌زنی بذر بسیار پایین بود (بین ۱۰ تا ۱۲درصد). در ادامه اینباب و همکاران (۱۹۹۵) و جن‌درک (۱۹۹۸) به ترتیب تولید ۵۰،۰۰۰ و ۱/۲ میلیون بذر سیر را گزارش نمودند. جن درک (۱۹۹۸)، ۲۷ کلون را با باروری بالا، که بیش از ۴۰۰ بذر در هر چتر تولید نمودند، معرفی کرد. درصد جوانه‌زنی

بذر بین ۶۷ تا ۹۳ درصد بود. برای تولید سیر بارور حذف سیرچه‌های هوایی فقط در نسل-های اولیه لازم است، زیرا انتخاب شدید برای گل‌دهی و تولید بذر، تولید بذر زنده را بهبود می‌بخشد. تاثیر قابل توجه انتخاب سیر در بهبود تولید بذر، منعکس کننده کنترل ژنتیکی این صفت است. در اویل دهه ۲۰۰۰، کلون‌های بارور در بخش کشاورزی ایالات متحده شناسایی شدند (جن‌درک و هانان، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ الف). در میان کلون‌های تولید کننده بذر، تعداد بذر تولید شده در اولین چرخه ازدیاد از صفر تا ۸۵ عدد در هر چتر بود و در مجموع ۱۴،۰۰۰ بذر تولید گردید. صفات مهم زایشی از قبیل ظهور ساقه گل‌دهنده، توانایی شکافته شدن پوشش گل، شکل چتر و تعداد گل در هرچتر پایدار بودند و در میان جمعیت‌های مورد مطالعه مشابه بودند.

از آنجایی که بسیاری از گونه‌های جنس آلیوم از آسیای مرکز منشا گرفته‌اند، ژرم پلاسم‌های این منطقه برای شفاف‌سازی معمای ناباروری سیر مهم می‌باشند (هانلت، ۱۹۹۰؛ سیمون، ۲۰۰۳). در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۱، بیش از ۳۰۰ ژنوتیپ از ارقام کشت شده یا جمعیت‌های طبیعی از آسیای مرکزی جمع‌آوری و برای پتانسیل باروری مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از ظهور و طویل شدن ساقه گل‌دهنده، تمایز گل‌ها، گرده افشانی و لقاح، از ۳۰ ژنوتیپ بذر بارور تولید گردید. در ۷ جمعیت بدون حذف سیرچه هوایی ۴۰۰ تا ۵۰۰ بذر حقیقی تولید گردید. قوه نامیه به ۹۰ درصد رسید و گیاهچه‌ها رشد طبیعی داشتند. گیاهان جوان ۲ تا ۵ برگ قبل از گل‌دهی و بلوغ تولید نمودند (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۴ ب) . عباسی‌فر و همکاران (۱۳۹۴) گل‌دهی و باروری دانه‌گرده را در ۶۸ هم‌گروه سیر ایرانی مطالعه نمودند. ۳۷ هم‌گروه توانایی ایجاد ساقه گل‌دهنده و گل‌آذین را داشتند ولی در هیچکدام از این هم‌گروه‌ها دانه گرده بارور تولید نشد.

تنوع زیادی در ارقام آزادگرده افشان سیر که منشا آن‌ها بذر حقیقی بوده است گزارش شده است. به‌عنوان مثال سوخ‌های تک سیرچه‌ای با پوست سفید، بنفش، خاکستری و قهوه‌ای و توانایی سوخ‌دهی و تاریخ رسیدن، درصد زنده ماندن (از۷/۸ تا۸۳/۳ درصد)، رسیدن سوخ (خرداد تا آذر)، وزن سوخ (۰/۱ تا ۵۳/۳ گرم)، تعدادسیرچه (۲/۹ تا ۱۰/۴) و

عدم بلوغ در یک فصل رشد (۰ تا ۲۳/۵٪) (جن‌درک، ۲۰۰۴؛ جن‌درک و زواید[1]، ۲۰۰۵) گزارش شده است. هم‌چنین گیاهان حاصل از بذر واجد صفات مهمی از قبیل مقاومت به بیماری‌ها همانند زنگ می‌باشند (جن‌درک و هان‌نان[2]، ۲۰۰۴ب). این تنوع‌ها منعکس کننده این مطلب است که در ازدیاد جنسی احتمال معرفی ارقام برتر با خصوصیاتی وجود دارد که در ازدیاد غیر جنسی دست‌یابی به این صفات غیر ممکن است.

ازدیاد سیر با بذر در سطح وسیع ممکن است سبب بهبود صفات این محصول درآینده شود (سیمون، ۲۰۰۲؛ سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴). ازدیاد جنسی برای افزایش عملکرد، مقاومت به تنش‌های زنده و تولید سیر عاری از ویروس مفید است.

۳-۸-۲-فرآیندها و روش‌های تولید بذر سیر

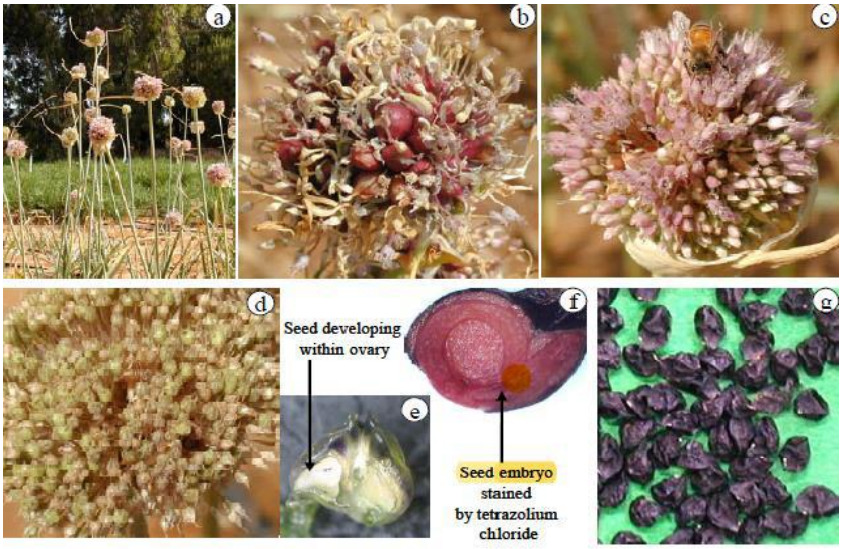
با کشف کلون‌های نر بارور در سیر، تولید بذر و به نژادی این محصول امکان‌پذیر شد. اگرچه نمو گل‌های بارور در سیر برای تولید بذر ضروری می‌باشد، اما شرط کافی نمی‌باشد. وقتی کلون‌های بارور در میان ژنوتیپ‌های سیر مشخص شدند، گل‌ها باید گرده افشانی شده و بذر تولیدکنند (شکل ۱۷). بذرها باید برداشت و انبار و پس از کشت جوانه بزنند، در نهایت گیاهچه‌ها باید رشد نموده تا برای برنامه‌های به نژادی آماده شوند.

۳-۸-۲-۱-گرده افشانی و تولید بذر

رشد گیاه در شرایط بهینه سبب موفقیت در تولید بذر خواهد شد. کشت پاییزه در اقلیم‌هایی که گل‌دهی القا می‌شود ضروری می‌باشد. وقتی که گیاهان گل‌دار، گل‌های بالغ را در بهار یا تابستان تولید کردند، آنها باید برای گرده افشانی آماده شوند.

در شرایط بهینه برای رشد و نمو، مستقیم‌ترین و بهترین روش برای تولید بذر،کشت گیاهان در مزرعه است، زیرا در مزرعه بهترین شرایط برای رشد مهیا است و می‌توان گل‌ها را در بهار با قفس پوشش‌داد. درشرایط نامساعدتر، گیاهان پرورش یافته در مزرعه

1. Jenderek and Zewdie.
2. Jenderek and Hannan



شکل ۱۷- گل‌آذین و مراحل مختلف رشد و نمو گل و تولید بذر درسیر (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۵). a: گیاهان در مرحله گل‌دهی b: رشد سیرچه‌های هوایی در چتر حاوی جوانه‌های گل جوان که سبب تخریب جوانه‌ها می‌شوند. c: چتر فاقد سیرچه هوایی با گل‌های طبیعی که تولید گرده زنده و کلاله پذیرای گرده می کند d: چتر گل و تشکیل بذر e: نمو بذر درون تخمدان f: اثبات زنده بودن بذر از طریق رنگ آمیزی با تترازولیوم کلراید G: بذر رسیده بعد از برداشت

را می‌توان به عنوان منبع ساقه گل‌دهنده بریده و برای تولید بذر در مکان‌های مختلف استفاده نمود. در این وضعیت می‌توان سیرچه‌های هوایی را حذف نمود و گرده افشانی را در خارج از مزرعه مثلا در آزمایشگاه یا در گلخانه انجام داد. در این روش باید ساقه گل‌دهنده را از بالای ساقه کاذب در هنگامی که ساقه گل‌دهنده کمابیش یا به‌طور کامل مستقیم بوده (که به‌طور معمول بعد از حذف سیرچه‌های هوایی می‌باشد) قطع نمود. قطع زود هنگام این اندام می‌تواند مانع نمو کامل گل‌آذین شود زیرا فرآورده‌های حاصل از فتوسنتز توسط ساقه گل‌دهنده تولید می‌شود و قطع زود هنگام این اندام توان تولید بذر را محدود خواهد کرد. تولید بذر سیر در روش قطع ساقه گل‌دهنده پرزحمت‌تر از تولید سیر در مزرعه می‌باشد و در نتیجه برای تولید بذر در سطح تجاری عملی نمی‌باشد. با توجه به انعطاف پذیری این روش، روش مزبور برای برنامه‌های کوچک به نژادی یا تلاقی‌های اولیه در برنامه های‌وسیع به نژادی مناسب است (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

حذف سیرچه‌های هوایی نقش مهمی در جلوگیری از پیری زودرس گل‌ها دارد ولی برای همه کلون‌های سیر و به خصوص برای تولید بذر از نسل‌های دوم به بعد ضرورت ندارد. حذف سیرچه‌های هوایی عملی زمان‌بر و خسته کننده است، برای این کار، باید پوشش گل‌آذین را زمانی‌که قطر سیرچه‌های هوایی بیشتر از دو تا پنج میلی‌متر نیست، شکافت و سپس کلیه سیرچه‌های قابل مشاهده را از بین برد. باید دقت نمود که برای پیداکردن همه سیرچه‌ها، خسارتی به گل‌های در حال نمو،که کوچک‌تر و آسیب‌پذیرتر از سیرچه‌ها هستند، وارد نشود. بعد از حذف اولیه سیرچه‌ها، حذف بعدی در فاصله سه تا هفت روز برای از بین بردن سیرچه‌های باقی‌مانده بسیار مفید است (سیمون و جن درک، ۲۰۰۴).

بهترین گل‌ها برای موفقیت در تولید بذر، گل‌هایی با بساک‌های رنگی (بنفش و یا قرمز) هستند که نربارور می‌باشند (پولر وسیمون، ۱۹۹۴)، هر چند بعضی از گیاهان نربارور بساک زرد رنگ دارند (جن‌درک، ۱۹۹۸). علاوه بر این گیاهان نر عقیم ممکن است ماده بارور باشند و در آنها بذر تشکیل شود. این موضوع فرصت مناسبی برای تولید بذر هیبرید F_1 از طریق ایزوله کردن یک گیاه نرعقیم/ ماده بارور با یک گیاه کاملا بارور فراهم می‌کند.

رنگ‌پذیری و قدرت جوانه زدن دانه‌گرده در کلون‌هایی، که برای اولین بار در تولید بذر سیر مورد استفاده قرار گرفتند، بسیار متغیر بود. برای مثال هانگ و اتوه (۱۹۹۶) و جن‌درک و هانان (۲۰۰۰) گزارش نمودند که قابلیت رنگ پذیری دانه گرده بین صفر تا بیش از ۹۳ درصد متغیر بود. معمولا قدرت جوانه‌زنی دانه گرده از رنگ‌پذیری آن کم‌تر است. پولر و سیمون (۱۹۹۴) جوانه‌زنی دانه گرده را بین صفر تا ۱۰/۵ درصد و هانگ و اتوه[1] (۱۹۹۶) و جن‌درک و هانان (۲۰۰۰) بین ۰/۷ تا ۹۴/۷ درصد گزارش نمودند. هر چند نرباروری به‌طور عمده در بساک‌های بنفش مشاهده می‌شود. رنگ‌پذیری و جوانه‌زنی

1. Hong and Etoh.

گرده در بساک‌های زرد به‌ترتیب۸۶ و ۳۰/۱ درصد گزارش شده است (جن‌درک و هانان، ۲۰۰۰).

برای موفقیت در تولید بذر بعضی از محققین، چند نوبت گرده افشانی را انجام داده‌اند (تکرار دستی گرده افشانی گل‌ها چند روز بعد از اولین گرده افشانی) (پولر و سیمون، ۱۹۹۴؛ اتوه، ۱۹۹۷). اما مشخص نیست این عمل سبب بهبود تولید بذر شود.

برای بهبود تولید بذر سیر از چند وسیله برای گرده افشانی استفاده شده است. جمع-آوری بساک و یا دانه‌گرده با پنس و یا برس کوچک، معمولا برای تکرار گرده افشانی همان گل چند روز بعد از گرده افشانی اولیه، در سطح کم استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از خود گرده افشانی گل‌ها اخته می‌شوند، اما این عمل خسته کننده می‌باشد. زنبور عسل، مگس خانگی و زنبور برگ‌بر با موفقیت برای گرده افشانی در قفس استفاده شده‌اند. از آنجایی‌که خامه کوچک و شکننده می‌باشد، در بعضی از کلون‌ها، تولید بذر بر اثر گرده افشانی دستی یا گرده افشانی با زنبور عسل کاهش خواهد یافت. گرده افشانی با استفاده از مگس آبی (*Protophormia terraenovae*) به‌عنوان گرده افشانی کننده، موفقیت آمیز بوده و هم اکنون مهم‌ترین گرده افشانی کننده در تولید بذر حقیقی سیر است.

آفات، بیماری‌ها و شرایط اقلیمی خسارت قابل توجهی بر گرده افشانی و تشکیل بذر سیر وارد می‌کنند، به‌خصوص، آفات گل همانند تریپس و شته خسارت زیادی بر گل‌های تازه گرده افشانی شده وارد می‌کنندو مانع از تولید بذر خواهند شد. شرایط اقلیمی نامساعد همانند باد شدید و باران نیز می‌توانند تاثیر نامطلوبی بر گرده افشانی بگذارد و به گیاهان در مزرعه خسارت وارد کنند. یک پدیده خطرناک در تولید بذرحقیقی، وقوع دمای بالای (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت چند روز در هنگام شکوفایی گل‌ها-ست که زنده‌مانی دانه گرده را به‌سرعت کاهش می‌دهد و سبب پژمردگی گل‌ها و تسریع در پیری ساقه گل‌دهنده خواهد شد. میزان حساسیت به گرما در بین کلون‌های سیر بسیار متفاوت است (سیمون و جن درک، ۲۰۰۴).

۳-۸-۲-۲-برداشت، نگهداری و جوانه‌زدن بذر

برداشت بذر سیر مشابه با برداشت بذر پیاز است. گل‌آذین خشک کوبیده می‌شود تا بذر آزاد و از کاه و کلش جدا شود. بذرهای کوچک کمابیش زنده نیستند، به‌ویژه در نسل‌های اولیه اغلب شکل نامنظمی دارند. انتظار می‌رود همه بذرهای سیر جوانه بزنند، اما به‌دلیل اینکه در نسل‌های پیشرفته، انتخاب برای زنده‌مانی بیشتر و گیاهچه‌های قوی‌تر اعمال می‌شود، از روش جداسازی در ستون هوا برای تفکیک بذرهای بزرگ‌تر از کاه و کلش، بذرهای سبک‌تر و برگ‌های سنگین‌تر استفاده می‌شود.

تعداد بذر تولید شده در هر گل‌آذین به عوامل متعددی از جمله ژنوتیپ و شرایط رشد بستگی دارد. گیاهان کلونی معمولا تا ۵۰ بذر در هر چتر تولید می‌کنند، در حالی‌که تعداد بذر در هر چتر در گیاهان حاصل از بذر حقیقی ۶۵۶ عدد گزارش شده است (جن‌درک، ۱۹۹۸).

اندازه بذر سیر به‌طور تقریب نصف بذر پیاز می‌باشد و از نظر شکل و اندازه شبیه بذر پیاز است. اندازه بذر حقیقی در سیر بستگی به ژنوتیپ والدین دارد. گزارشات اولیه در ارتباط با تعداد بذر حاکی از آن بود که در بعضی از کلون‌ها تعداد بذر محدود می‌باشد ولی با این وجود در یک سری از آزمایش‌ها، شرایط و تیمارهایی که جوانه‌زنی را تحریک می‌نمودند (تیمارهای هورمونی، استراتیفیکاسیون، خراش‌دهی وسرمادهی مرطوب) ارزیابی شدند. تیمارهای هورمونی غیر موثر بودند (اتوه، ۱۹۸۳؛ اتوه و همکاران، ۱؛ اینابا و همکاران[1]، ۱۹۹۵). همانند بسیاری از گونه‌های جنس آلیوم بذر سیر نیز دوره خواب داردکه با تیمار سرمایی کاهش می‌یابد. درصد جوانه‌زنی در کلون‌هایی که طی مدت طولانی به شکل غیرجنسی ازدیاد شده‌اند از ۱۰ تا ۳۵ درصد بوده و بعضی از بذور ۱۲ ماه بعد از این که شرایط برای جوانه‌زنی مساعد شد، جوانه می‌زنند. به‌نژادی سبب افزایش جوانه‌زنی از ۶۵ تا ۱۰۰ درصد شده است (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

1. Inaba et al.

۳-۹-رشد گیاهچه در ازدیاد جنسی

به‌طور معمول در نسل‌های اولیه ازدیاد جنسی، رشد گیاهچه‌ها قوی نمی‌باشد. رشد گیاهچه‌ها اغلب ضعیف و کند است بنابراین ایجاد شرایط مناسب برای رشد و نمو وکنترل آفات و بیماری‌ها ضروری است. در گیاهچه‌های حاصل از ازدیاد جنسی همانند گیاهچه-هایی که از سیرچه یا سیرچه هوایی تولید شده‌اند برگ‌ها از مریستم انتهایی منشا می‌گیرند و معمولا بسته به ژنوتیپ، دما و طول روز در هر گیاه پنج تا ۱۵ برگ تولید می‌شود. از زمان جوانه‌زدن تا تولید سومین برگ حقیقی چهار ماه طول می‌کشد. رشد ساقه کاذب در گیاهان جوان خیلی بارز و معلوم نمی‌باشد. اگر گیاهان به حد کافی رشد کرده و بزرگ شوند، به شرط مطلوب بودن شرایط رشد و نمو و هم‌چنین ژنوتیپ مناسب، ممکن است در سال اول گل دهند. معمولا یک ساقه گل‌دهنده و یک گل‌آذین در هر گیاه تشکیل می‌شود. ولی در سال دوم ممکن است دو تا سه ساقه گل‌دهنده تشکیل شود. از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی، اختلاف زیادی در سوخ گیاهان حاصل از بذر دیده می‌شود (سیمون و جن درک، ۲۰۰۴).

با افزایش دوره‌های ازدیاد جنسی، قدرت رشد و زنده ماندن گیاهان بیشتر می‌شود. در نسل‌های اولیه در گیاهان حاصل از ازدیاد جنسی صفات نامطلوبی همانند توقف رشد یا کمبود کلروفیل دیده می‌شود. در حقیقت در نسل‌های اولیه گیاهان حاصل از ازدیاد جنسی عادات رشد غیرطبیعی شامل برگ‌های غیرطبیعی، توقف رشد ریشه و عدم تشکیل سوخ (هر چند که این صفت ممکن است ناشی از عدم مواجه شدن گیاه با طول روز مناسب برای تشکیل سوخ باشد)، مشاهده می‌شود. ظهور این صفات ممکن است در نتاج حاصل از خودگشنی بیشتر مشاهده شود (جن‌درک، ۲۰۰۲). اما زنده ماندن گیاهچه‌ها و قدرت رشد در نسل های بعدی بیشتر می‌شود، به‌طوری‌که اغلب این گیاهان از نظر قدرت رشد بر گیاهان حاصل از ازدیاد کلونی برتری دارند (جن‌دریک، ۲۰۰۲؛ سیمون و جن درک، ۲۰۰۴).

فصل چهارم

عبدالستار دارابی

به‌نژادی

قبل از دست‌یابی به فن‌آوری تولید بذر حقیقی در مقیاس انبوه، به‌نژادی واقعی سیر امکان‌پذیر نبود. در حقیقت شواهدی در دسترس نمی‌باشد که نشان دهد در طول تاریخ، کشاورزان ازدیاد جنسی و انتخاب را انجام داده‌اند. بنابراین اگرچه سیر یکی از قدیمی‌ترین محصولات کشت شده در باغبانی می‌باشد، ولی به‌نژادی این محصول از اوایل قرن بیستم شروع شده است. انتخاب کلون در جهت بهبود بعضی از صفات از جمله تعداد سیرچه و زودرسی موفق بوده است (بوربا، ۱۹۹۷). علاوه بر این، تیمارهای معمول در جهت حذف ویروس سبب بهبود تولید شدند (وان‌دیجک[1]، ۱۹۹۴؛ وربیک و همکاران[2]، ۱۹۹۵؛ سالومون[3]، ۲۰۰۲) ولی در غیاب ازدیاد جنسی، صفات مطلوب در کلون‌های مختلف قابل ترکیب نبودند، و در واقع با شروع ازدیاد جنسی، به نژادی سیر شروع شد.

1. Van Dijk
2. Verbeek et al.
3. Salomon

٤-١-پیشرفت‌های حاصله در به نژادی

٤-١-١-انتخاب برای بهبود گل‌دهی و باروری

اگرچه ارقام گل‌دهنده سیر به روش غیر جنسی ازدیاد می‌شوند ولی گل‌آذینی تولید نموده که در آنها سیرچه‌های هوایی غالب بوده و هم‌چنین حاوی گل‌هایی هستندکه همه یا بیشتر آنها نازا می‌باشند. انتخاب سیر برای بهبود گل‌دهی و باروری کمابیش موفقیت آمیز بوده است. کاهش تعداد سیرچه‌های هوایی که حذف آنها آسان می‌باشد بسیار سریع است، به‌طوری‌که بعد از دو یا سه نسل ازدیاد جنسی، دیگر حذف سیرچه‌های هوایی ضرورتی ندارد، اگرچه ممکن است هنوز سیرچه‌های هوایی در گل‌آذین وجود داشته باشند. در حقیقت امکان دارد در بعضی از ژنوتیپ‌ها از طریق به‌نژادی، گل‌آذین فاقد سیرچه‌های هوایی را تولید نمود. انتخاب برای بهبود نرباروری نیز (از طریق رنگ‌پذیری بالای دانه گرده در نتاج حاصل از ازدیاد جنسی در نسل اول) سریع می‌باشد (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴).

٤-١-٢-انتخاب برای اندازه و قدرت بذر

انتخاب برای بهبود اندازه و قدرت بذر بعد از سه نسل قابل توجه می‌باشد. تفاوت در اندازه بذر در نتاج نسل‌های اولیه قابل ملاحظه می‌باشد. بعد از دو تا سه نسل انتخاب برای بهبود جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی از ۶۵ به ۹۵ درصد رسید (جن‌درک، ۱۹۹۸). در نسل اول جوانه‌زنی از ۱۰ به ۳۵ درصد افزایش یافت. مشابه با سایر برنامه‌های ژنتیکی، انتخاب برای این صفت در کلیه ژنوتیپ‌ها موفقیت آمیز نمی‌باشد. انتخاب برای بهبود افزایش تعداد بذر حقیقی نیز موفقیت آمیز است. امکان تولید تا ۱۲۰۰ بذر در هر چتر که حاوی ۲۰۰ گل می‌باشد، وجود دارد. فرض آن است که هر گل می‌تواند شش بذر تولید کند (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴).

٤-۲- روش‌های به‌نژادی

تلاش‌های اولیه به‌منظور تولید بذر سیر فقط شامل گرده افشانی میان تعدادی کلون بارور بود که نتاج حاصل هم خودگرده افشان و هم دگرگرده افشان بودند. با پیشرفت برنامه به‌نژادی سیر، دو روش به‌طور کامل مجزا برای به‌نژادی این محصول ارائه گردید: تولید کلون‌های جدید برای ازدیاد غیر جنسی و تولید ارقام برای ازدیاد جنسی.

تولید کلون‌های جدید به منظور ازدیاد غیرجنسی شامل همان مراحل ارزیابی کلون-های جدید سیر، که به روش غیر جنسی تولید می‌شوند، می‌باشد. در این روش گیاهچه-های برتر انتخاب می‌شوند و ارزیابی این گیاهچه‌ها چند سال زمان نیاز دارد. در مرحله اول بایستی گیاهان انتخاب شده را به تعداد کافی تولید نمود که به‌توان آنها را در آزمایش‌های تکراردار مزرعه‌ای مطالعه نمود. علاوه بر این خاصیت انبارمانی و خصوصیات کیفی همانند مواد جامد محلول این کلون‌ها نیز بررسی می‌شوند. کلون‌های جدیدی که معرفی می‌شوند باید هم نیاز کشاورزان و هم فرآوری این محصول را پاسخ‌گو باشند. علاوه بر این، این کلون‌ها بایستی، حاوی صفات مطلوبی باشند تا بتوان آنها را جایگزین ارقام موجود نمود (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴).

فن‌آوری تولید ارقامی که به‌روش جنسی ازدیاد می‌شوند در مراحل اولیه می‌باشد. امکان کاهش یا حذف آلودگی‌های ویروسی از مزایای مهم ازدیاد جنسی محسوب می‌شود. برای حذف ویروس‌ها در کشت بافت و سپس تولید بذر حقیقی سیر در مزرعه، هزینه‌ای بیش از ۲۵۰۰ دلار در هر هکتار مورد نیاز است. در حالی که هزینه تولید بذر هیبرید پیاز ۳۰۰ دلار است. کاهش هزینه‌های انبارداری و حمل و نقل از مزایای تولید بذر سیر محسوب می‌شوند (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴).

٤-۲-۱-روش‌های نوین به‌نژادی

سیر گیاهی کمابیش دگرگشن می‌باشد. اجداد سیر به‌طورکامل، بذر و سوخ به‌نسبت کوچکی تولید می‌کردند، اما از آنجایی‌که رشد و نمو ساقه گل‌دهنده سبب مصرف انرژی گیاه از منبع اندام‌های ذخیره‌ای خواهد شد، شاید انتخاب سوخ‌های زودرس سبب حذف

ساقه گل‌دهنده شد. بنابراین ارقام زراعی توان گل‌دهی و باروری را از دست دادند و امروزه فقط به روش رویشی ازدیاد می‌شوند (شمش-مایر و کامنتزکی[1]، ۲۰۱۹)، در نتیجه به‌نژادی سیر به تنوع موجود در کلون‌های سیر محدود شده است. تلاش در جهت افزایش تنوع سیر از طریق جهش در کشت بافت بسیار محدود بوده و در سال‌های اخیر ایجاد تنوع در سیر از طریق هیبریداسیون جنسی و انتقال ژن شروع شده است. در همه این موارد برای تولید تجاری، سیستم کشت انبوه برای ازدیاد مواد مادری انتخاب شده ضروریست (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

٤-۲-۲-جهش‌زایی و تنوع سوماکلونال (همسانه بدنی)

تنوع طبیعی موجود در سیر از به دو روش نوترکیبی ژنتیکی و جهش امکان‌پذیر است. لازمه اهلی شدن سیر انتخاب ژنوتیپ‌هایی با رشد رویشی قوی و تولید سوخ بود. این انتخاب سبب کاهش ازدیاد جنسی گردید و در نتیجه کمابیش کلیه ارقام سیر هم‌اکنون به روش رویشی ازدیاد می‌شوند. مدت زمان این فرآیند تاکنون مشخص نمی‌باشد اما می‌توان اظهار نمود که نو ترکیبی ژنتیکی نقشی در افزایش تنوع سیر از هزاران سال گذشته نداشته است. هم‌چنین هیچ اطلاعی نیز از تاثیر جهش‌های طبیعی در سیر در دسترس نمی‌باشد (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

گزارش‌های ارائه شده در ارتباط با به‌نژادی سیر از طریق جهش بسیار محدود است. ال‌سفادی و همکاران[2](۲۰۰۰) گزارش نمودند که با استفاده از اشعه گاما (با دوز چهار تا هفت گری) مقاومت به پوسیدگی سفید[3] که توسط *Sclerotium cepivorum* ایجاد می‌شود را افزایش داده‌اند. در رقم کیس‌سوانی آلودگی به این بیماری را می‌توان از ۲۹ درصد در شاهد به ۳ درصد کاهش داد. تانر و همکاران[4] (۲۰۰۴) گزارش نمودند دوز موثر سزیم -۱۳۷ برای جهش‌زایی در حدود ۴/۵ گری در سیر است. القاء تنوع همسانه

1. Shemesh-Mayer and Kamenetsky
2. Al-Safadi et al.
3. White rot
4. Taner et al.

بدنی در سیر با هدف به‌نژادی کمتر انجام شده است. کشت بافت در ابتدا به منظور ازدیاد سریع مواد مادری استفاده می‌شد. اندام‌زایی مستقیم بدون تمایز مجدد (در مرحله پینه) در کشت بافت اندام‌های مختلف، همانند صفحه پایگاهی، گل‌آذین و مریستم انتهایی سبب تولید گیاهانی با ریخته ژنتیکی یکنواخت شد یا به عبارت دیگر پینه‌زایی عامل تنوع همسانه بدنی می‌باشد (نواک[1]، ۱۹۹۰). در این راستا الزهیم و همکاران[2] (۱۹۹۹) به کمک نشانگر راپید و تجزیه کاریوتایپی نشان دادند که کشت پینه صفحه پایگاهی سبب ایجاد تنوع همسانه بدنی در پنج رقم سیر شده است.

٤-۲-۳- ساز و کار انتقال ژن

موفقیت در انتقال ژن به دو فاکتور کلیدی بستگی دارد:

بهبود روش‌های انتقال ژن‌های هدف و بهبود روش‌های تولید گیاهان کامل از بافت-های تمایز نیافته و یا بافت‌های سازمان یافته.

باززایی از طریق جنین سوماتیکی در سیر برای اولین بار از کالوس دیسک‌های برگ و نوک ساقه بوسیله ابوال نیل و همکاران[3](۱۹۹۷) گزارش گردید. سپس فریول و همکاران[4] (۲۰۰۲، ۲۰۰۵ الف و ۲۰۰۵ ب) از ریز نمونه‌های چهار رقم سیر اروپایی به منظور تولید پینه جنین‌زا استفاده نمودند و باززایی کافی از طریق جنین‌زایی سوماتیکی حاصل گردید. باززایی سیر هم‌چنین از طریق صفحه پایگاهی (الزهیم و همکاران، ۱۹۹۹) برگ (وانگ و همکاران[5]، ۱۹۹۴؛ زهنگ و همکاران، ۱۹۹۸)، نهنج (زو وهمکاران[6] ، ۱۹۹۱) و جوانه گل (سوه و پارک[7]،۱۹۹۵) گزارش شده است.

1. Novak
2. Al-Zahim et al.
3. Abu El-nil et al.
4. Fereol et al.
5. Wang et al.
6.Xue et al.
7. Suh and Park

سوه و پارک (۱۹۹۵) از ریشه‌های نابجای سیر که منشا آنها بساک، دمگل و سیرچه-های هوایی بود برای باززایی گیاهچه‌ها استفاده کردند. گزارش‌های دیگر در ارتباط با اندام‌زایی یا جنین‌زایی گیاه سیر عمدتا بر اساس انتهای ساقه یا دیسک‌های ساقه است (هاس‌گاوا و همکاران [1] ، ۲۰۰۲). هاکیو و همکاران [2] (۱۹۹۷و۱۹۹۹)تا ۷۵ درصد موفق به باززایی سیر از نوک ریشه بدون پینه‌زایی شدند. بنابراین مشخص می‌شود که ریز نمونه نوک ریشه را می‌توان برای باززایی سیر با و یا بدون پینه استفاده نمود (روبلدو و همکاران [3]، ۲۰۰۰)، ولی مقدار این ریز نمونه در گیاه محدود می‌باشد. مایرز و سیمون [4] (۱۹۹۹) تولید پینه مداوم و سیستم باززایی برای ریشه سیر را با استفاده از نوک ریشه گزارش نمودند، اما مدت زمان لازم از نمونه‌گیری ریشه تا باززایی به ۱۰ ماه زمان نیاز داشت. زهنگ و همکاران (۲۰۰۳) روشی مفید برای القا کالوس و باززایی با استفاده از قطعات مریستمی و غیر مریستمی ریشه در

چهار رقم اروپایی به نام: مسی‌درمی [5]، ماردودی‌کوانسا [6]، موراسل [7] و پرینتانور [8]، که دو ماه برای القا کالوس و دو ماه برای باززایی مورد نیاز بود، ارائه نمودند. با استفاده از ریز-نمونه‌های انتهایی و غیرانتهایی ریشه برای تولید پینه، می‌توان قطعات ریشه فراوانی تولید کرد و هر چهار تا شش هفته می‌توان آنها را از گیاهچه‌ها در کشت بافت برداشت نمود. این پینه‌های جوان و در حال تقسیم فعال به طور منحصر به‌فرد برای انتقال ژن در طول سال مفید هستند.

با وجود پیشرفت‌های حاصله در جهت حفظ باروری در سیر، دسترسی به‌روش‌های قابل اطمینان انتقال ژن به‌دلیل عدم تنوع صفات مطلوب یا مشکل بودن انتقال ژن در این

1. Hasegawa et al.
2. Haque et al.
3. Robledo et al.
4.Myers and Simon
5. Messidorme
6. Morado de Cuenca
7. Morasol
8. Printanor

گیاه، بسیار حائز اهمیت است. انتقال ژن در گیاهان تک لپه همانند ذرت، گندم، برنج و جو از طریق انتقال مستقیم ژن، روش‌های شیمیایی، الکتروپوریشن (استفاده از جریان الکتریسیته به منظور ایجاد سوراخ یا کانال در غشاء به منظور عبور DNA)، بمباران ذره‌ای و فیبرهای سیلیکون کاربید انجام شده است (کورتیس[1]، ۲۰۰۴). استفاده از اگروباکتوریم برای انتقال ژن در گیاهان تک لپه امکان‌پذیر بوده و با استفاده از نژادهای آگروباکتوریوم گیاهان تراریخته بسیاری تولید شده‌اند (هایی و همکاران[2]، ۱۹۹۴؛چنگ و همکاران[3]، ۱۹۹۷). انتقال ژن با این سیستم در مقایسه با سایر سیستم‌ها دارای چند مزیت می‌باشد که مهم‌ترین آن توانایی انتقال یک یا تعداد کمی کپی کامل از قطعات نسبتا بزرگ DNA خارجی می‌باشد.

انتقال ژن در خانواده پیازی‌ها نیز امکان‌پذیر می‌باشد (ایدی[4]، ۲۰۰۲). کلین و همکاران[5] (۱۹۸۷) برای اولین بار روش میکرو پروژه با سرعت بالا را گزارش نمودند و نشان دادند که بافت اپیدرمی پیاز می‌تواند توالی DNA خارجی را دریافت کند. وانگ[6] (۱۹۹۶) تلاش نمود در اولین گام برای تولید بذر هیبرید تره فرنگی گیاهان تراریخته نر عقیم هسته‌ای تولید کند. این محقق از روش بمباران ذره‌ای برای انتقال ژن‌های *barstar* و *barnase* استفاده کرد. هر دو ژن در ژنوم تره فرنگی مشاهده شدند ولی هیچ گزارشی در مورد باروری گرده ارائه نگردید. پارک و همکاران[7] (۲۰۰۲) و ساواهل[8] (۲۰۰۲) گزارش نمودند که گیاهان تراریخته سیر را می‌توان با بمباران هسته‌ای تولید نمود. با توجه به انتقال ژن توسط آگروباکتوریوم، دوممیسه و همکاران[9] (۱۹۹۰) گزارش نمودند با عنایت به

1. Curtis
2. Hiei et al.
3. Cheng et al.
4. Eady
5. Klein et al.
6. Wang
7. Park et al.
8. Sawahel
9. Dommisse

تولید تومور و ترشح اپاین، پیاز یک میزبان مناسب برای آگروباکتوریوم است. ادی و همکاران (۲۰۰۰، ۲۰۰۳ الف، ۲۰۰۳ ب و ۲۰۰۵) با استفاده از *Agrobacteruim tumefaciens* یک روش کار برای انتقال پایدار از جنین‌های نابالغ پیاز، سیر و تره فرنگی ارائه نمودند. کوندو و همکاران[1] (۲۰۰۰) تولید گیاهان تراریخته سیر را از پینه باززایی شده بافت شبه آغازنده ساقه گزارش نمودند. زهنگ و همکاران (۲۰۰۱ الف؛ ۲۰۰۱ ب؛ ۲۰۰۴ ؛ ۲۰۰۵) یک روش کار پایدار با استفاده از کالوس تولید شده از جنین بالغ در پیاز، موسیر[2] و یک روش انتقال ژن پایدار در سیر به کمک *Agrobacteruim tumefaciens* و توسط کالوس از منابع مختلف ارائه نمودند. کالوس با منشا قطعات مریستمی و غیر مریستمی که از گیاهچه‌های کشت بافت حاصل شده بودند از طریق *Agrobacteruim tumefaciens* و ژن‌های گزارش‌گر GUS (بتا گلوکورونی-دیز) و GFP (پروتئین فلورسنس سبز) به سیر منتقل شدند. ژن‌های گزارش‌گر، ژن‌هایی با یک توالی مشخص هستند که به منظور مشخص شدن بیان ژن هدف در گیاه یا اندام میزبان، به این ژن متصل می‌شوند. چندین گیاه تراریخته مستقل در مدت شش ماه تولید شدند. بیشترین فراوانی انتقال در یک آزمایش (۱/۴ درصد) به رقم پرینتانور مربوط بود و اختلاف بین ارقام از نظر فراوانی انتقال معنی‌دار نبود. بعد از انتقال، گیاهان باززایی شده از کشت بافت، گیاهان تراریخته حامل ژن GUS زنده مانده و رشد کردند، ولی بعضی از گیاهان حامل ژن GFP به‌تدریج از بین رفتند. با استفاده از روش کار مزبور برای اولین بار گیاهان مقاوم به برگ-خوار چغندر با انتقال *crylC*a و *HO4* از *Bacillus thuringiensis* تولید شد. گیاهان ترانسژینک حامل ژن *crylC*a به‌طور طبیعی در گلخانه رشد نموده و سوخ تولید نمودند، درحالی‌که همه گیاهان کشت بافتی، حامل ژن *HO4* از بین رفتند. بنابراین معرفی ارقام سیر مقاوم به برگ‌خوار چغندر امکان پذیر گردید (زهنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

1. Kondo et al.
2. Shallote

٤-٤-ازدیاد انبوه کلون‌های مادری از طریق کشت معلق سلول‌های جنین‌زا

توزیع سریع یک رقم بهبود یافته سیر به‌طور قطع به روش‌های ازدیاد انبوه رویشی بستگی دارد که برای تولید گیاهان عاری از ویروس نیز مفید هستند. در واقع عامل محدود کننده اصلی کشت سیر، بیماری‌های ویروسی می‌باشد. ازدیاد تجاری یک سیستم رویشی معمولا به چهار سال زمان نیاز داردکه شامل تولید پایه‌های عاری از ویروس، روش ازدیاد انبوه، ساز و کار ازدیاد رویشی و توزیع سوخ‌های مادری با کیفیت بالا و عاری از ویروس می‌باشد. روش های حذف ویروس و تولید مواد مادری عاری از ویروس با استفاده از کشت مریستم نوک ساقه در چهل سال اخیر معرفی شده‌اند (والکی[1] و همکاران، ۱۹۸۷؛ چوولون و همکاران[2]، ۱۹۹۰). روش‌های ازدیاد انبوه، بهبود یافته و چندین روش کار برای ریزازدیادی معرفی شده‌اند. به‌هر حال سرعت ازدیاد مواد باززایی شده سیر به‌طور نسبی کند و پرهزینه می‌باشد. بنابراین کشت معلق که به‌طور معمول در گونه‌های دیگر، با بازدهی کافی و هزینه کم استفاده شده، می‌تواند راه حل این راه حل این مشکل باشد (بارروتوسید و همکاران[3]، ۱۹۹۴).

٤-٤-١-استقرار کشت معلق جنین‌زا

برگ‌های جوان و ریزنمونه ریشه در محیط‌های القایی کالوس تولید می‌کنند. بعد از افزایش حجم، دو نوع کالوس قابل شناسایی می‌باشد، یکی کالوس نرم، نیمه شفاف و غده‌ای و دیگری کالوس غده‌ای با رنگ متمایل به‌زرد. این دو نوع کالوس در حاشیه برگ نزدیک به رگبرگ یا در ریشه قرار می‌گیرند.کالوس دوم جنین سوماتیکی تولید می‌کند که نشان‌دهنده نوان جنین‌زایی آن می‌باشد (فرئول و همکاران، ۲۰۰۲). ارزیابی بافت‌های کالوس دوم نشان داد که این بافت حاوی توده‌های کروی با سلول‌های مریستمی

1. Walkey et al.
2. Chovelon et al.
3. Barrueto Cid et al.

در اطراف و هم‌چنین سلول‌های جنین‌زای ایزوله شده واجد پروتئین‌های ذخیره‌ای می‌باشند.

مشخص شده است که درصد بالایی از قطعات ریشه انکوبه شده در DNA کالوس تولید می‌کنند. علاوه براین ریز نمونه برگ‌های جوان که از سه برگ میانی تهیه شده‌اند برای تولید کالوس جنین‌زا بسیار مناسب هستند. غلظت پایین DNA (۰/۳ میلی‌گرم در لیتر) سبب تولید ۹۰ درصد کالوس با بیش از ۳۰ درصد کالوس جنین‌زا می‌شود (باران دیاران، ۱۹۹۹ الف و ب). با کشت ماهیانه و مجددکالوس‌های فشرده غده‌ای، بعد از شش ماه این کالوس‌ها نرم می‌شود. این کالوس‌ها به‌طور عمده شامل سلول‌های جنین‌زا و پرواmبریو در مراحل اولیه نموی هستند. کشت سوسپانسیون سلولی را می‌توان از کالوس-های جنین‌زای نرم که کمتر از ۱۸ ماه عمر دارند، شروع کرد. وقتی کالوس تازه در محیط مایع انکوبه می‌شوند سلول‌های انفرادی زیادی رها می‌شوند که تجمع می‌یابند. تراکم سوسپانسیون به دلیل تقسیم سلولی به‌طور مداوم افزایش یافته و در نتیجه رشد سوسپانسیون سلولی به‌میزان پنج تا هفت برابر در ماه مشاهده می‌شود (فرئول و همکاران، ۲۰۰۵ الف). ارزیابی ساختارشناسی سیتوپلاسم مشخص نمود که بسیاری از سلول‌ها خصوصیات جنین-زایی شامل: سیتوپلاسم متراکم، هسته بزرگ مرکزی با هستک‌های بزرگ، پروتئین ذخیره‌ای بالا و دانه‌های نشاسته را دارند. تراکم اولیه سلول‌ها در کشت سوسپانسیون تاثیر قابل توجهی بر میزان حجم سلولی دسته‌ای (مقدار بیوماس سلول‌های رشد کرده در سوسپانسیون) و پتانسیل جنین‌زایی دارد. تراکم پایین سلولی برای تولید حجم سلول دسته-ای مطلوب می‌باشد، درحالی‌که تراکم بالا برای تمایز جنین مناسب‌تر است (شاید به این دلیل که ترکیب محیط کشت در اثر کشت سلول‌ها به گونه‌ای تغییر می‌یابد که سبب تمایز سلولی می‌شود) (ام‌میراتو [1]،۱۹۸۳ ؛هاری [2]، ۱۹۸۰)

1.Ammirato
2. Hari

یک تراکم اولیه سلولی سه تا چهار درصد، هم برای کشت طولانی سوسپانسیون و هم‌چنین پتانسیل جنین‌زایی مناسب است. فاصله تجدید محیط کشت هم بر میزان حجم سلول دسته‌ای و هم پتانسیل طولانی مدت جنین‌زایی موثر است. تجدید (نوسازی) ۱۴ روزه محیط کشت و کشت مجدد سوسپانسیون سلولی هر ۲۸ روز یک بار هم برای ازیاد و هم برای باززایی جنین حالت بهینه است. غلظت 2-4-D در محیط کشت معلق به‌طور معنی‌داری بر حجم سلولی دسته‌ای و پتانسیل تولید جنین موثر است. مشابه با نتایج باراندیاران (۱۹۹۹ الف)، فرئول و همکاران (۲۰۰۵ الف) گزارش نمودند که در غلظت پایین ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر ازدیاد سلولی بسیار سریع بوده و پتانسیل باززائی و تمایز سلولی بالا می‌باشد. در تمام مدت کشت تا ۱۴ ماه، میانگین سرعت رشد سوسپانسیون سلولی تقریبا مشابه و هر ۲۸ روز یک بار سرعت رشد تقریبا ۴/۵ تا شش برابر شد. در هفت ماه اول نوسان سرعت رشد شدید بود (۴/۲ تا ۶/۲) که نشان دهنده برخی ناپایداری‌ها می‌باشد. سپس نوسانات سرعت رشد کمتر شد که نشان دهنده پایداری بیشتر محیط کشت است.

٤-٤-٢-باززایی گیاه

مستقر کردن کشت معلق مایع بر محیط کشت نیمه‌جامد جنین‌زا، سبب تولید تعداد زیادی جنین سوماتیکی در طی هشت هفته شد. اولین تمایز پروامبریو، سه هفته بعد از کشت مشاهده شد و سپس به‌شکل کروی (یک تا دو میلی‌متر) درآمد و توسط اپیدرم نرم پوشانده شد. این اپیدرم سپس بالغ گردید و جنین دو قطبی، (نوک ریشه و ساقه)که از طریق باندهای آوندی به یک ساختمان هاستوریوم مانند وصل می‌شود، را می‌پوشاند. این جنین‌ها بعد از ۱۶ ماه از سوسپانسیون سلولی تولید می‌شوند. یک میلی‌متر حجم سلول دسته‌ای پتانسیل تولید ۳۰۰۰ تا ۷۸۰۰ جنین بالغ را دارد.

مطالعات بافت‌شناسی مشخص نمود هر سلول به تعداد زیادی تقسیم شده و پروامبریوها را تشکیل می‌دهند که با هم اختلاف دارند. پروامبریوها سپس به صورت جنین بالغ شامل ریشه و نوک ساقه نمو می‌کنند. بعد از کشت روی محیط جوانه‌زنی، جنین بالغ بعد از چهار هفته به گیاهچه تبدیل می‌شود. جنین‌هایی که در این مدت نمی‌توانند جوانه بزنند

به‌رنگ قهوه‌ای درآمده و می‌میرند. درصد تبدیل جنین به گیاهچه از ۳۶ تا ۵۱ درصد متغیر است. گیاهچه‌های جوانه‌زده در محیط کشت بافت طی هشت هفته سوخچه تولید می‌کنند (کاهانه[1] و همکاران، ۱۹۹۲). تجزیه گیاهان بعد از مقاوم شدن و انتقال به مزرعه در شرایط عاری از حشرات نشان داد که بعضی از ژنوتیپ‌ها سطح پلوئیدی غیر طبیعی دارند. چهار درصد تتراپلوییدی از طریق فلوسایتومتری مشخص شد. چنین پلوئیدی ممکن است یک مانع خطرناک برای ازدیاد گیاهچه از طریق جنین‌زایی رویشی باشد و بایستی از طریق سیستم‌های تولید انبوه بررسی شوند.

تجزیه گوگرد آلی سوخچه‌های حاصل از کشت بافت و روش استاندارد ازدیاد رویشی مشخص نمود که آلیین و گاما گلوتامیل‌آللیل‌سیستئین ۷۰ درصد از ترکیبات گوگردی در هر دو نوع گیاه را به خود اختصاص داده‌اند. ولی توزیع این دو نوع گوگرد آلی متفاوت است. در سوخچه‌های حاصل از جنین‌زایی میزان آلیین پایین بود ولی میزان گاماگلوتامیل‌آللیل‌سیستئین در مقایسه با گیاهان حاصل از روش استاندارد ازدیاد رویشی بالاتر بود (فرئول و همکاران، ۲۰۰۲ ا). اما بعد از دو نوبت ازدیاد در مزرعه این اختلاف از بین رفت.

ضریب ازدیاد سالیانه سیرچه بین ۸×۱۰^{۹} تا $۱۰^{۱۱}$برای ارقام مختلف که متعلق به گروه‌های مختلف فیزیولوژیکی بودند، گزارش شده است (میسیان و همکاران، ۱۹۹۳؛ فرئول و همکاران، ۲۰۰۵ ب). ضریب مزبور برای ازدیاد انبوه تا ۱۰۰۰ برابر بیشتر از سایر روش‌های ازدیاد می‌باشد (ناگاکیوبو و همکاران[2]، ۱۹۹۳؛ هاکیو وهمکاران[3]، ۱۹۹۷). بنابراین به نظر می‌رسد فن‌آوری تشریح شده توسط فرئول و همکاران (۲۰۰۵ ب) بهترین روش ازدیاد

1. kahane et al.
2. Nagakubo et al.
3. Haque et al.

برای ازدیاد انبوه یک ژنوتیپ خاص می‌باشد. به هر حال یک یا دو جرخه ازدیاد تجاری ممکن است هنوز ضروری باشد تا گیاهان استاندارد تولید شوند.

٤-٥-اهداف به‌نژادی

عملکرد و خاصیت انبارمانی از صفات مورد علاقه کشاورزان هستند. یک صفت بسیار مهم که ارتباط نزدیکی با عملکرد دارد، قدرت گیاهچه می‌باشد. این صفت یک متغیر بسیار مهم در تولید بذر سیر است و هم‌چنین برای بهبود ازدیاد جنسی بسیار مهم می‌باشد (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴). از دیگر اهداف به‌نژادی می‌توان تولید سوخ‌های سالم و عاری از هر عارضه، اندازه یکنواخت سیرچه‌ها، کاهش سیرچه‌های بدشکل، پوست صاف و رنگ گوشت که ممکن است بر حسب سلیقه مصرف کننده سفید، قرمز و حتی صورتی باشد، تندی سیرچه، افزایش درصد ماده خشک و مواد جامد محلول کل سوخ، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌های محیطی، خاصیت انبارمانی (میسیان و همکاران، ۱۹۹۳) و تولید گیاهان عاری از ویروس در ازدیاد جنسی (سیمون و جن‌درک، ۲۰۰۴) را نام برد.

فصل پنجم

محمدرضا رفیع و عبدالستار دارابی

تولید

سیر از گیاهان دائمی است ولی به صورت یک‌ساله کشت می‌شود. روزهای کوتاه و حرارت‌های پائین در زمان رشد رویشی و روزهای بلند و حرارت‌های بالا در زمان تشکیل، رشد و توسعه سوخ، شرایط بهینه برای تولید این محصول محسوب می‌شوند. این گیاه از نظر تولید و اهمیت در بین گیاهان پیازی، بعد از پیاز خوراکی در رتبه دوم قرار داشته و از نظر مقدار درصد ماده خشک در صدر همه سبزی‌ها قرار دارد. کشور ایران یکی از اولین مراکز پراکنش گیاه سیر بوده و سیر از مناطقی همانند فلات ایران به دنیای غرب راه یافته است (اتوه و سیمون، ۲۰۰۲). سیر در ایران در همه استان‌ها (به جز کهگلویه و بویر احمد) تولید می‌شود و به دو صورت تازه (کل گیاه قبل از بلوغ سوخ) و خشک (سوخ بالغ و رسیده) برداشت می‌شود. سطح زیر کشت سوخ خشک در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، ۹۰۴۱ هکتار و میزان عملکرد آن ۱۱/۴۷ تن در هکتار گزارش شده است. استان همدان با سطح زیر کشت ۳۶۲۶ هکتار بیشترین سیر خشک را در کشور تولید نموده است. در همین سال سطح برداشت سیر تازه ۶۱۱۱ هکتار و عملکرد آن ۳۰/۷۰ تن در هکتار بوده و استان زنجان بیشترین سطح برداشت سیر تازه (۱۸۵۰ هکتار) به را به خود اختصاص داده است (آمار منتشر نشده دفتر سبزی و صیفی وزارت جهاد کشاورزی).

۵-۱-خاک

ایده‌آل‌ترین بافت خاک برای سیر، لومی یا شنی لومی است. تنش خشکی و غرقابی سبب کاهش عملکرد کل و هم‌چنین افزایش سوخ‌های غیر قابل‌فروش خواهند شد. برای افزایش حاصل‌خیزی و بهبود شرایط فیزیکی خاک استفاده از کود سبز، کود دامی یا کمپوست توصیه می‌شود. بهترین pH برای رشد و نمو سیر بین شش تا هفت بوده و در pH کمتر از ۵/۸ رشد کاهش خواهد یافت. وجود سنگ و کلوخ در خاک سبب ایجاد مشکل در استفاده از وسایل مکانیزه کاشت، داشت و برداشت می‌گردد، بنابراین خاک باید مسطح و بدون سنگ و کلوخ باشد. آستانه تحمل سیر به شوری ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر است و در شوری بین ۵/۶ تا ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد سیر ۵۰ درصد کاهش خواهد یافت (مانگال و همکاران[1]، ۱۹۹۰؛ بروستر،۲۰۰۸).

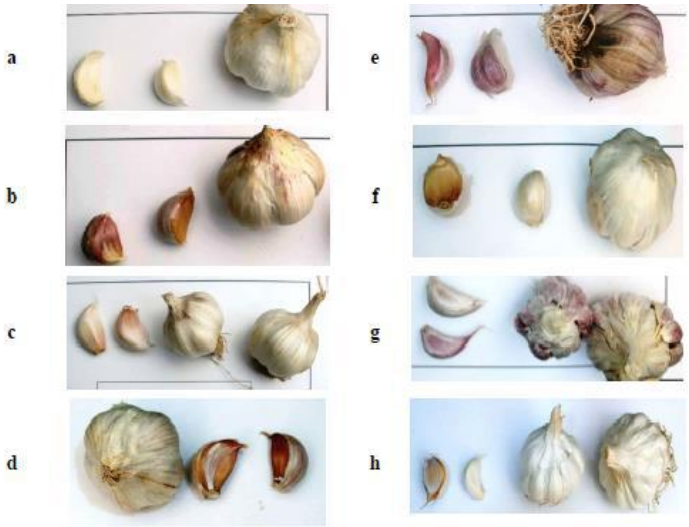
۵-۲-تهیه بستر

چون ریشه سیر سطحی، با تراکم کم و به‌ندرت دارای تارهای کشنده (گرین وود و همکاران[2]، ۱۹۹۲) می‌باشد، بنابراین تهیه زمین باید با دقت انجام گیرد و زمین باید نرم و عاری از کلوخ و سنگ‌ریزه باشد تا توزیع کود سرک، وجین و سله‌شکنی به آسانی انجام پذیرد. با توجه به این‌که گسترش ریشه کمابیش تا عمق ۲۰–۱۵ سانتی‌متری سطح خاک است و جذب آب بیشتر تا عمق ۲۵ سانتی‌متر سطح خاک صورت می‌گیرد، عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر برای این محصول مناسب است. بعد از شخم زدن با دیسک کلوخه‌ها را خرد و در صورت نیاز با استفاده از ماله (تسطیح کننده) زمین تسطیح خواهد شد. در مرحله بعد کودها در زمین پخش و با دیسک با خاک مخلوط و در نهایت با فاروئر(جوی و پشته ساز) ردیف‌های کاشت را ایجاد می‌کنند. لازم به ذکر است که در بعضی از نقاط کشور، سیر به صورت کرتی کشت می‌شود (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۰).

1. Mangal et al.
2. Greenwood et al.

۵-۳-ژنوتیپ

در کشور معمولا در هر منطقه، توده‌های بومی همان محل به‌دلیل مقاومت نسبی به شرایط نامساعد محیطی کشت می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- شکل و رنگ سوخ و سیرچه در برخی از هم‌گروه‌های سیر ایران
a- داراب b- تفرش c- طالش d- طارم e- کرمان f- همدان g- بشاگرد h- رامهرمز

زربخش (۱۳۸۱) عملکردتوده‌های بومی مازندران، همدان، طارم ، اراک، رامهرمز، ارومیه و مشهد را در مناطق ورامین، خراسان، زنجان، همدان، اراک و بهبهان مقایسه نمود. در منطقه ورامین بیشترین عملکرد مربوط به توده‌های اراک و ارومیه بود. در مازندران،- توده‌های مازندران، اراک و همدان بیشترین عملکرد را تولید نمودند. در منطقه همدان عملکرد دو توده اراک و همدان از سایر توده‌های مورد بررسی بیشتر بودند. در منطقه خراسان، توده‌های اراک، طارم و مازندران تودهای برتر بودند. در بهبهان توده‌های طارم، ارومیه و مشهد بر سایرتوده‌ها برتری داشتند. در منطقه زنجان توده‌های اراک و همدان حداکثر عملکرد را به خود اختصاص دادند. در اراک بیشترین محصول به توده‌های اراک، همدان، طارم و زنجان تعلق داشت.

در یک بررسی در اراک عملکرد پنج توده همدان، رامهرمز، ساری، تفرش و مشهد مقایسه گردید. حداکثر عملکرد (۱۱/۵۹ تن در هکتار) توسط سیر همدان تولید گردید و

برتری این توده بر سایر توده ها به‌جز سیر تفرش در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (عباسی-فر، ۱۳۷۹).

عباسی‌فر و همکاران (۱۳۸۶) ۲۵ توده سیر را در سه شهرستان اراک، خمین و محلات در استان مرکزی مطالعه نمودند. توده سیر همدان بالاترین وزن سوخ (۴۵/۰۳ گرم) و وزن سیرچه (۴/۲۳ گرم) را داشت. توده سیر اهواز از لحاظ تعداد سیرچه در سوخ (۳۳) و ماده خشک سوخ (۴۲/۷۰ درصد) بالاترین مقادیر را داشت، ولی توده سیر تفرش از نظر تعداد برگ در بوته (۱۰/۸۳)، قطر ساقه مجازی (۱/۶ سانتی‌متر) و عرض برگ (۴/۷) دارای بیشترین مقادیر بود.

اکبرپور و همکاران [1](۲۰۲۱) خصوصیات کمی و کیفی توده‌های داراب، طارم ، طالش، تفرش، همدان، رامهرمز، کرمان و بشاگرد را در داراب مقایسه نمودند. توده‌های طارم و طالش از لحاظ عملکرد و توده‌های همدان و اراک از لحاظ خصوصیات کیفی (میزان آلیسین، آللین ، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان فلانوئید) بر سایر توده‌های مورد مطالعه برتری داشت .

۵-٤-کاشت

۵-٤-۱-روش‌های ازدیاد

۵-٤-۱-۱-کشت سیرچه

ارقام تجاری سیر به روش رویشی و معمولا با سیرچه ازدیاد می‌شوند. این روش ازدیاد سبب تولید گیاهان یکنواخت با خصوصیات مشابه از قبیل خصوصیات ریخت‌شناسی، عناصر غذایی و طعم و بو خواهد شد. ضریب ازدیاد سیر در سال در این روش پنج تا ۱۰ می‌باشد (یوکمن و همکاران[2]، ۱۹۹۸). ولی ازدیا درویشی دارای معایب:

۱-ضریب بسیار پایین ازدیاد و در نتیجه افزایش بالای هزینه تولید

1. Akbarpour et al.
1. Ucaman et al.

۲- نیاز به انبار بزرگ برای نگهداری سوخ

۳- بالا بودن ضایعات سوخ در انبار به علل آفات، بیماری‌ها و عوارض فیزیولوژیک

۴- آلودگی ویروسی و انتقال آن به مزارع (سالومون[1]، ۲۰۰۲)

می‌باشد. به‌طور معمول در هر منطقه توده‌های بومی، برای تولید محصول با کیفیت مناسب و نگهداری در انبار کنترل نشده، کشت می‌شوند. سیرچه‌های هر سوخ را باید قبل از کاشت جدا نمود و آنها را به طور قائم که قاعده آنها در پایین قرار گیرد (شکل ۱۹) به عمق سه تا پنج سانتی‌متر کشت نمود. اگر قاعده آنها به طرف بالا قرار گیرد وضعیت استقرار گیاه در خاک طبیعی نخواهد بود و به احتمال زیاد سبب کاهش عملکرد خواهد شد (شکل ۲۰). از کاشت سیرچه‌های وسط سوخ بایستی اجتناب نمود زیرا آنها سوخ‌های کوچک با تعداد کمی سیرچه تولید می‌کنند. وزن سیرچه‌های مورد استفاده بین یک تا نه گرم متداول است. هر چه وزن سیرچه کشت شده بزرگ‌تر باشد، گیاه تولید شده قوی‌تر و وزن سوخ سنگین‌تر خواهد بود. معمولا برای کشت یک هکتار، بسته به تراکم، متوسط وزن سیرچه و درصد سیرچه بذری حدود سه تن سوخ مورد نیاز است (بروستر، ۲۰۰۸؛ یاماگوچی و روباتزکی، ۱۹۹۷). کاستلانوز و همکاران[2] (۲۰۰۴) در یک آزمایش دو ساله، در سال اول آزمایش سیرچه‌هایی به وزن ۱/۹ تا نه گرم و در سال دوم به وزن ۱/۹ تا ۱۷ گرم را بر عملکرد و اندازه سوخ بررسی نمودند. حداکثر عملکرد و اندازه سوخ در سال اول و دوم به‌ترتیب از سیرچه‌هایی به‌وزن ۷/۵ و ۱۳ گرم بدست آمد.

2. Salomon
3. Castellanose et al.

شکل ۱۹- روش کشت صحیح سیرچه(قاعده سیرچه به سمت پایین)

شکل ۲۰- گیاه حاصل از کشت نادرست سیرچه(قاعده سیرچه به سمت بالا)

۵-٤-۱-۲-کشت سیرچه هوایی

سیرچه‌های هوایی همان خصوصیات ژنتیکی گیاه مادری را داشته و می‌توانند برای ازدیاد استفاده شوند (پوپوا[1]، ۱۹۷۵). سوخ‌های حاصل از ازدیاد سیرچه هوایی در سال اول ممکن است کوچک باشند (شکل ۲۱) و برای تولید سوخ بازار پسند به کشت مجدد نیاز داشته باشند. این روش ازدیاد سبب افزایش ضریب ازدیاد و کاهش هزینه تولید می‌شود

1. Popova

(کامنتزکی، ۲۰۰۷). زمان کشت سیرچه های هوایی همانند کشت سیرچه‌های سوخ بوده و در صورت کشت بهاره، بهترین دما برای نگهداری سیرچه هوایی ۲- تا ۳- درجه سانتی-گراد است.

شکل ۲۱- اندازه سوخ‌های حاصل از کشت سیرچه هوایی (کامنتزکی و همکاران، ۲۰۰۷).

٥-٤-١-٣- ریزازدیادی

از اوایل دهه ۱۹۷۰، تلاش‌های قابل توجهی برای ارائه روش‌های کشت درون شیشه‌ای برای ریزازدیادی سیر انجام گرفت (نواک،[1] ۱۹۹۰؛ سالومون، ۲۰۰۲). کشت بافت مزایای فراوانی در مقایسه با روش‌های متداول برای ازدیاد سیر دارد: بافت اولیه مورد نیاز برای ازدیاد بسیار کوچک بوده و در نتیجه فضای کمی برای تولید تعداد زیادی گیاه مورد نیاز است، علاوه بر این ازدیاد درون شیشه‌ای سبب تولید گیاهان عاری از بیماری‌ها و ویروس خواهد شد.

در اوایل برای کشت بافت سیر از نوک ساقه، صفحه پایگاهی و برگ‌های ذخیره‌ای استفاده می‌شد که در نتیجه فقط یک ریز نمونه از هر سیرچه تولید می‌گردید و در نتیجه

1. Novac

ضریب ازدیاد پایین بود (۱۰ تا ۱۲). در ادامه، استفاده از ریز نمونه نوک ریشه سبب تولید بیش از ۴۰ ریز نمونه از هر سیرچه شد. تهیه ریز نمونه به میکروسکوپ و تکنیک خاصی و هم‌چنین به نیروی کار و وقت زیادی نیاز ندارد (هاکیو و همکاران[1]، ۲۰۰۰). نوک ریشه ممکن است عاری از ویروس باشد و نتیجه باززایی مواد حاصل نیز عاری از ویروس خواهند بود. گذشته از این، در نتیجه باززایی نوک ریشه پینه که می‌تواند سبب ناپایداری ژنتیکی شود، تولید نمی‌شود (نواک، ۱۹۹۰). از ریشه‌های تولید شده در سیرچه‌های حاصل از نوک ریشه در محیط کشت می‌توان دوباره برای تولید سیرچه استفاده نمود. تولید سیرچه در کشت بافت بر تولید گیاهچه ارجحیت دارد. زیرا سیرچه به مرحله سازگاری (عادت کردن) نیاز نداشته و نگهداری و حمل آن نیز آسان است. ریزازدیادی در محیط درون شیشه‌ای با استفاده از کشت پینه (باراندیاران و همکاران[2]، ۱۹۹۹ب)، مریستم گل‌آذین (زو و همکاران[3]، ۲۰۰۱) یا فرآیند جنین‌زایی (فرئول و همکاران[4]، ۲۰۰۲) نیز امکان‌پذیر می‌باشد.

روش‌های کار ارائه شده برای ریزازدیادی و باززایی در عمل مشابه می‌باشند ولی ژنوتیپ‌های سیر در پاسخ به شرایط کشت بافت اختلاف‌های قابل توجهی دارند (ناگاکوبو و همکاران[5]، ۱۹۹۷). اختلاف مشاهده شده بین ارقام گل‌دهنده و غیرگل‌دهنده در پاسخ به کشت بافت نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد و در کشت بافت باید ژنوتیپ‌هایی را انتخاب نمود که قدرت باززایی بالایی داشته باشند (هاکیو و همکاران، ۲۰۰۰).

در ازدیاد رویشی، آلودگی به ویروس‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا ممکن است سبب کاهش عملکرد تا ۷۰ درصد شود ولی از طریق کشت مریستم نوک ساقه و به‌کمک

1. Haque et al.
2. Barandiaran et al.
3. Zhou et al.
4. Fereol et al.
5. Nagakubo et al.

گرمادرمانی و شیمی‌درمانی سیر عاری از عوامل بیماری‌زا تولید خواهد شد (یوکمن و همکاران، ۱۹۹۸؛ سالومون، ۲۰۰۲؛ قائمی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۹).

استفاده از مواد عاری از ویروس سبب بهبود تولید سیر شده است هر چند که این مواد کمابیش گران می‌باشند (سالومون، ۲۰۰۲). ولی با این وجود، تولیدات مواد در کشت درون شیشه‌ای در حدی نیست که بتواند جایگزین تولید متداول رویشی شود (کامنتزکی، ۲۰۰۷).

۵-۵-تغذیه

۵-۵-۱-روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی

آگاهی از احتمال بروز کمبود عناصر غذایی برای سیر از راه‌های مختلفی امکان‌پذیر است. دو روش تجزیه خاک و تجزیه برگ (گیاه) برای بدست آوردن مقادیر صحیح و مناسب باید مدنظر قرار گیرد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). بروز علایم کمبود عناصر غذایی در سیر نیز یکی دیگر از این روش‌ها می‌باشد. سیر نیز همانند سایر محصولات زراعی علایم خاصی از کمبود و یا در بعضی مواقع اثرات سمی عناصر غذایی را از خود بروز می‌دهد که با شناخت این علایم می‌توان به رفع هر یک از کمبودها اقدام و در نتیجه شرایط رشد مطلوب سیر را فراهم نمود. گروهی از عناصر شیمیایی تحت عنوان عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم‌مصرف یا ریزمغذی‌ها مانند آهن، روی، مس، منگنز، بور و مولیبدن مورد نیاز گیاه می‌باشند. گونه‌های مختلف گیاهان نیازمندی‌های غذایی متفاوتی دارند. هم‌چنین قابلیت جذب عناصر غذایی در بین واریته‌های مختلف یک گیاه نیز متفاوت است (بروستر و رابینوویچ[1]، ۱۹۹۰). با این حال کمبود برخی از عناصر مانند پتاسیم در شرایط بدون بروز علائم می‌تواند سبب کاهش قابل توجهی در عملکرد و تولید محصول گردند که به این پدیده گرسنگی پنهان گفته می‌شود. کمبود و یا مسمومیت بعضی از عناصر هم ممکن

1.Brewster and Rabinowitch

است علایمی مشابه علایم تنش‌های دیگر در اندام‌های هوایی گیاه ایجاد نمایند. به طور کلی تجزیه خاک و برگ برای تشخیص این تنش‌ها از یکدیگر ضروری است. اگر تشخیص کمبود یا مسمومیت عنصر غذایی از طریق علایم ظاهری صحیح صورت پذیرد، تجزیه برگ نیز آن را نشان خواهد داد.

۵-۵-۲-آزمون خاک

آزمون خاک در مفهوم کلی به تعیین خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک اطلاق می‌گردد، ولی در معنی دقیق‌تر آن، عبارت از اندازه‌گیری‌های شیمیایی سریع خاک به منظور تعیین مقدار قابل استفاده عناصر غذایی گیاه می‌باشد. این روش یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین راه‌های ارزیابی باروری خاک است، بدین منظور، می‌توان با به‌کارگیری شیوه‌های رایج آزمایشگاهی، در کوتاه‌ترین مدت، میزان عناصر مورد نظر را در خاک اندازه گرفت (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). امروزه تفسیر نتایج حاصله و ارزیابی نتایج و توصیه‌های کودی که براساس این آزمایش‌های شیمیایی انجام می‌گیرد را نیز جزئی از آزمون خاک می‌دانند. آزمون خاک برای عناصر کم‌مصرف در مقایسه با عناصر پرمصرف از قابلیت اعتماد کمتری، برخوردار است. از این رو، برای تشخیص پاسخ گیاه به عناصر کم-مصرف، استفاده از آزمون بافت گیاه نیز ممکن است، نیاز باشد.

۵-۵-۳-علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

چون هر یک از عناصر غذایی وظایف خاصی را در گیاه به عهده دارند، کمبود هر کدام در گیاه سبب می‌شود که آن وظایف به خوبی انجام نگیرد و بسته به شدت کمبود، اختلالاتی در گیاه به وجود آید. علائم کمبود کمابیش روی ساقه و برگ گیاهان ظاهر می‌شود. در صورتی که این علائم به موقع و با دقت کافی تشخیص داده شوند، تخمین ارزیابی حاصلخیزی خاک براساس آن‌ها، امکان‌پذیر می‌باشد.

۵-۵-٤-نمونه‌برداری گیاه

در جدول ۲ میزان کفایت عناصر غذایی در برگ‌های تازه به بلوغ رسیده سیر (در ابتدای سوخ دهی) ارائه شده است (روزن و همکاران[1]، ۲۰۰۲). در مقادیر کمتر از مقدار ارائه شده در جدول، کمبود عناصر ایجاد خواهد شد.

جدول ۲- حدود کفایت عناصر غذایی در برگ‌های تازه به بلوغ رسیده سیر در ابتدای سوخ‌دهی (روزن و همکاران، ۲۰۰۲)

عنصر غذایی	محدوده غلظت کفایت
نیتروژن (٪)	۳/۰-۴/۵
فسفر (٪)	۰/۳-۰/۶
پتاسیم (٪)	۳/۰-۴/۵
کلسیم (٪)	۱/۰-۱/۸
منیزیم (٪)	۰/۲۵-۰/۴
گوگرد (٪)	۰/۳-۰/۷
منگنز (ppm)	۳۰-۶۰
آهن (ppm)	۵۰-۷۰
روی (ppm)	۱۳-۲۰
مس (ppm)	۳-۵
بور (ppm)	۲۰-۳۰
مولیبدن (ppm)	۰/۵-۲

۵-۵-۵-برنامه کودی

وجود سیستم ریشه‌ای سطحی در سیر، باعث شده است که این گیاه کارایی پائینی در جذب عناصر غذایی از خاک داشته باشد. بنابراین برای رسیدن به عملکرد مطلوب، به‌کارگیری یک برنامه منظم و منسجم کودی که متناسب با سیستم ریشه‌ای گیاه سیر

1. Rosen et al.

باشد و تمام عناصر غذایی را در اختیار این سیستم ریشه‌ای قرار دهد، الزامی است. در مواردی این‌چنین، سایر روش‌های تأمین عناصر غذایی، مثل روش محلول‌پاشی از اهمیت زیادی برخوردار است.

۵-۵-٦-نقش عناصر غذایی پرمصرف

تمام عناصر ضروری دارای اهمیت یکسانی در رشد گیاه می‌باشند. برای تولید بهتر محصولات، این عناصر باید به اندازه کافی و در زمان مورد نیاز به شکل قابل جذب در خاک وجود داشته و غلظت آنها در خاک و در منطقه‌ای که ریشه گیاهان زراعی فعال هستند به مقدار کافی باشند.

۵-۵-٦-۱-نیتروژن

نیتروژن اهمیت زیادی در تولید پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سنتز کلروفیل دارد (هور و همکاران[1]، ۲۰۱۴). نیتروژن در گیاه متحرک بوده و هنگامی که میزان آن از حد مطلوب کمتر باشد، از برگ‌های پیرتر به اندام‌های جوان منتقل شده و آنها را تغذیه می‌نماید، به همین جهت در گیاهان دچار کمبود، علایم کمبود در برگ‌های مسن دیده می‌شود. در چنین برگ‌هایی، پروتئین آبکافت شده و اسید آمینه‌های حاصل به برگ‌ها و جوانه‌های انتهایی جوان‌تر انتقال مجدد می‌یابد. تجزیه پروتئین منجر به تخریب کلروپلاست‌ها شده و بدین ترتیب باعث کاهش کلروفیل می‌گردد. نیتروژن نقش مهمی در عملکرد و کیفیت محصول ایفا می‌کند. میزان نیتروژن مورد نیاز سیر برای دست‌یابی به عملکرد مورد انتظار به خصوصیات ژنتیکی ارقام، شرایط آب و هوایی و نوع خاک بستگی دارد. به طور کلی، نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که عملکرد سیر به مصرف نیتروژن به‌شدت پاسخ می‌دهد. گیاه سیر همان‌طور که قادر است از راه ریشه نیتروژن مورد نیاز خود را جذب کند، از راه برگ نیز می‌تواند نیتروژن را به صورت آمونیوم، نیترات و اوره جذب کند. به طور معمول، دو تا پنج درصد وزن خشک گیاه سیر را

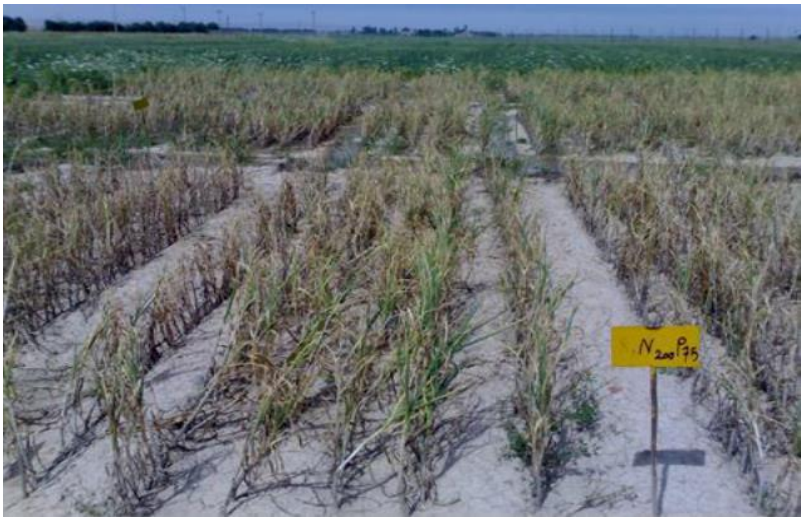
1. Hore et al.

نیتروژن تشکیل می‌دهد. نیتروژن در ترکیبات پروتئینی، آنزیم‌ها، ترکیبات حد فاصل متابولیسمی، ترکیباتی که در ساخت مواد و انتقال انرژی موثر هستند وجود دارد. بیشتر نیتروژن در گیاه سیر به صورت نیتروژن آلی و به شکل پروتئین است. پروتئین گیاهی به صورت آنزیم، نوکلئوپروتئین و کروموزوم می‌باشد. نیتروژن غیر از آن که به صورت پروتئین است، قسمتی از ترکیبات سبزینه گیاه نیز می‌باشد و برای فتوسنتز ضرورت کامل دارد. نیتروژن موجود در گیاه علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد. یک اتم نیتروژن و چهار اتم کربن در حلقه‌های درون کلروفیل جای گرفته‌اند که از سویی با اتم‌های کربن و از طرف دیگر با اتم منیزیم پیوند مشترک دارند (سالار دینی، ۱۳۶۵).

نیتروژن باعث سرعت تشکیل و توسعه برگ‌های سیر می‌شود (زمان و همکاران[1]، ۲۰۱۱؛ هور و همکاران، ۲۰۱۴). گزارش شده است که سیر نیاز زیادی به نیتروژن به خصوص در مراحل اولیه رشد دارد. مقدار مصرف نیتروژن اندازه سیرچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مصرف مناسب نیتروژن در مرحله رشد رویشی باعث رشد رویشی قوی‌تر و توسعه مناسب‌تر برگ‌ها می‌شود. در حالی‌که مصرف زیادتر نیتروژن به خصوص در مراحل انتهایی رشد، عملکرد و کیفیت انباری سیر را کاهش می‌دهد. اگر نیتروژن کمتر از مقدار نیاز مصرف شود، رسیدگی تسریع شده و عملکرد کاهش می‌یابد. زمان و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمود که مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد و اجزای عملکرد سیر را افزایش داده و مصرف زیادتر آن نتیجه عکس دارد. هور و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار ویژگی‌های رشد سیر مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد سیرچه‌ها شده، این عوامل باعث شدند که رشد رویشی تقویت شود و عملکرد نیز افزایش پیدا کند. از سویی، وقتی نیتروژن به فرم نیتراتی جذب می‌شود، تعادل هورمونی داخل گیاه برهم خورده و تولید هورمون جیبرلین بیشتر می‌شود که این هورمون باعث افزایش تعداد سیرچه‌های داخل سوخ می‌شود و این افزایش

1. Zaman et al.

تعداد سیرچه‌ها باعث کاهش وزن سیرچه‌های هر سوخ می‌شود (مطلبی فرد، ۱۳۹۴). نیتروژن عنصر غذایی است که بیشترین تأثیر را در عملکرد و تولید سیر دارد. سیر به دلیل سطحی بودن ریشه و جذب کم از تقاضای متوسط تا زیاد نیتروژن برخوردار است. کاربرد نیتروژن به‌طور معمول براساس محصول قبلی و محتوای ماده آلی موجود در خاک است. میزان کاربرد کود از ۶۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار در کشورهای مختلف گزارش شده است (بروستر و رابینویچ، ۱۹۹۰). سطح بالای کودهای نیتروژن ممکن است باعث افزایش بیماری زنگ سیر شود (رفیع، ۱۳۸۷) (شکل ۲۲). بنابراین توصیه‌های دقیق برای هر منطقه به آزمایشات محلی، فصل و رقم سیر بستگی دارد.



شکل ۲۲- شیوع بیماری زنگ سیر با مصرف بیش از نیاز گیاه به کود نیتروژن

۵-۵-۶-۱-۱-توصیه کودی نیتروژن

نیتروژن مورد نیاز گیاه به عملکرد محصول مورد نظر و مصرف نیتروژن در کشت قبل وابسته است. نتایج مطالعات نشان داده است که مهم‌ترین فرم‌های قابل جذب نیتروژن برای سیر، دو فرم آمونیوم و نیترات است. البته تحت شرایط خاص مثلا در اقلیم‌های سرد، مصرف کود نیتراته ترجیح داده می‌شود. انتخاب منابع کودی نیتروژن توسط زارع، بستگی به قابلیت استفاده آنها و هزینه کاربرد آنها دارد. نیترات آمونیوم،

فسفات آمونیوم و سولفات آمونیوم از نظر اثرات سوء مشابه هم می‌باشند و از آمونیاک، آمونیوم آبدار و اوره، مناسب‌تر هستند. اثر سوء بیشتر در خاک‌های شنی، بویژه برای بذور حساس مطرح است. زیرا آمونیاک یا آمونیوم آبدار، روی جوانه‌زنی سیرچه، اثر منفی دارد. کودهای نیتروژن‌دار در آب خاک حل شده و به راحتی در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرند. لذا جایگذاری کودهای نیتروژنی نسبت به کودهای فسفره اهمیت کمتری دارند. رفیع (۱۳۸۸) به منظور بررسی اثرات عناصر غذایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد کمی و کیفی سیر، آزمایشی به مدت سه سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا نمود. نیتروژن خالص در پنج سطح (صفر ، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و فسفر در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل مصرف شد. نتایج نشان داد تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بالاترین عملکرد را تولید نمود و بر شاهد (عدم مصرف نیتروژن) و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در سطح یک درصد برتری معنی‌دار ولی در مقایسه با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص تفاوت معنی‌داری نداشت. اثر فسفر و اثرات متقابل نیتروژن و فسفر بر عملکرد و سایر صفات اندازه گیری شده معنی دار نبود. با توجه به نتایج این آزمایش برای کشت سیر در منطقه بهبهان و رامهرمز میزان مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص توصیه گردید. در پژوهشی، به‌منظور بررسی تأثیر نیتروژن و آبیاری بر عملکرد و کیفیت محصول سیر، آزمایشی در همدان با دو فاکتور، آبیاری در چهار سطح فاصله از خط لوله اصلی آبیاری (صفرتا سه متر بدون تنش، سه تا شش متر تنش ملایم، شش تا نه متر تنش متوسط و نه تا دوازده متر، تنش شدید) و نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه اجرا شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد، تعداد سیرچه در سوخ و غلظت نیتروژن بخش هوایی و کاهش معنی‌دار وزن سیرچه‌ها شد. افزایش فاصله از خط آبیاری باعث کاهش عملکرد، وزن سیرچه‌ها و غلظت

نیتروژن بخش هوایی و افزایش تعداد پوشش روی سیر و کارایی مصرف آب شد. اثر دوجانبه آبیاری و نیتروژن بر هیچ کدام از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. بیشینه عملکرد سیر در شرایط مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب آبیاری همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بدست آمد (مطلبی فرد، ۱۳۹۴). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و گوگرد همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس (صفر، شش و ۱۲ تن در هکتار) بر عملکرد سیر مورد ارزیابی قرار گرفت. مصرف گوگرد همراه تیوباسیلوس، عملکرد سیر را از ۸۴۱۰ به ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد سیر نیز به میزان ۹۴۵۰ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد. کاربرد نیتروژن باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ و غلظت عناصر منگنز، آهن و فسفر در سیر گردید. بیش‌ترین میزان عملکرد از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و شش تن گوگرد در هکتار بدست آمد (مشهدی جعفرلو، ۱۳۸۵). در آزمایشی دیگر، اثر مقادیر مختلف نیتروژن خالص (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت کود اوره و سولفات آمونیوم بر تعداد، طول برگ، عملکرد و اجزای عملکرد سیر توده همدان بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر نوع کود بر متوسط وزن سوخ، طول و قطرسوخ، میانگین تعداد سیرچه، طول و قطر سیرچه و وزن سیرچه معنی‌دار بود. با افزایش میزان کود تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، میزان عملکرد و سایر صفات کمی افزایش و پس از آن کاهش یافت (نوری و همکاران، ۱۳۹۴).

بر اساس پژوهش‌های انجام شده، مناسب‌ترین توصیه نیتروژن برای کشت سیر بر پایه آزمون خاک و بر اساس کربن آلی یا محتوای نیترات خاک استوار است (جداول ۳ و ۴).

همانگونه که از جداول ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود، چنانچه محتوای کربن آلی خاک کمتر از ۰/۵ درصد یا محتوای نیترات خاک کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، در این صورت خاک به شدت با کمبود نیتروژن مواجه است و برای تولید پایدار، مصرف کودهای حاوی نیتروژن ضروری است.

جدول ۳- توصیه کودی نیتروژن بر مبنای آزمون خاک (هاچموت و کورداسکو۱، ۱۹۹۸)

درصد کربن آلی در خاک	توصیه نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
<۰/۵	۱۲۰
۰/۵-۱	۱۰۰
۱-۱/۵	۸۰
>۱/۵	۵۰

در مراحل اولیه رشد (سرک اول و دوم از کود اوره (۴۶درصد نیتروژن) و در سرک‌های بعدی در صورت امکان از نیترات آمونیوم (۳۴ درصد نیتروژن) استفاده شود.

جدول۴– تفسیر آزمون نیترات خاک برای سیر (سیلسپور و ملا حسینی، ۱۳۸۴)

میزان نیترات خاک (ppm)	تفسیر و توصیه
<۲۰	خاک با کمبود نیتروژن مواجه است، مصرف نیتروژن توصیه می‌شود.
۲۰-۲۴	محتوای نیتروژن خاک مطلوب است. مصرف مقدار کمی نیتروژن برای اطمینان از وجود نیتروژن کافی توصیه می‌شود.
>۳۰	مصرف نیتروژن توصیه نمی‌شود.
>۵۰	محتوای نیتروژن خاک بیش از اندازه است، نشان دهنده مصرف زیاد کود دامی، کمپوست یا کود شیمیایی نیتروژن است.

۵-۵-۶-۱-۲-زمان مصرف نیتروژن

زمان جذب نیتروژن برای گیاهان گوناگون متفاوت است. در گیاه سیر، برداشت نیتروژن از زمان جوانه زدن آغاز و در اوج مرحله رشد رویشی یعنی قبل از گل‌دهی و یا شروع تولید سوخ به بیشترین مقدار خود می‌رسد و از آن به بعد نیاز به نیتروژن به‌طور نسبی کاهش می‌یابد (سیلسپور، ۱۳۹۸). به دلیل حل‌شوندگی فراوان کودهای نیتروژنه، زمان مصرف برای محصولات زراعی بسیار مهم بوده و یکی از دلایل پایین بودن

1. Hochmuth and Cordasco

راندمان کودهای نیتروژنه، عدم دقت در زمان مصرف آنها می‌باشد. اگر مواد آلی (کودهای حیوانی) به میزان ۳۰ تا ۵۰ تن در هکتار مصرف شود، از زمانی که گیاه مستقر شده و ریشه دوانده باید مصرف نیتروژن را شروع نمود و کل نیتروژن را بسته به بافت خاک باید طی سه نوبت (خاک‌های رسی و لوم‌رسی) و تا شش نوبت (خاک‌های لوم‌شنی) مصرف نمود. در صورت عدم مصرف کود دامی، مصرف ۲۰ درصد کل نیتروژن برآورد شده در دو نوبت به میزان ۱۰ درصد هم‌زمان با کشت و ۱۰ درصد در شروع دو برگی شدن (غیر از اقلیم‌های سرد مثل همدان) و مابقی طی سه تا پنج نوبت مصرف گردد (سیلسپور، ۱۳۹۸). بدیهی است تحت شرایط تقسیط، کارآیی کودهای نیتروژنه افزایش می‌یابد. در مناطق سردسیر مثل همدان که از مناطق مهم تولید سیر در کشور است، یک چهارم کل کود نیتروژن توصیه شده بر اساس آزمون خاک هم‌زمان با کشت مصرف خواهد شد و مابقی طی سه نوبت، نوبت اول در اواخر زمستان نوبت دوم در اوایل اردیبهشت ماه و نوبت سوم در مرحله حجیم شدن سوخ مصرف می‌گردد (سیلسپور، ۱۳۹۸). نکته قابل ذکر این‌که مصرف نیتروژن به گونه‌ای مدیریت شود تا یک ماه قبل از رسیدگی فیزیولوژیک سوخ، تمامی نیتروژن توصیه شده مصرف شده باشد. بدیهی است مصرف دیرهنگام نیتروژن سبب تجمع غیرمعمول نیترات در سوخ می‌گردد. پژوهشگران زیادی طی تحقیقات خود در زمینه ارتباط زمان مصرف نیتروژن و میزان تجمع نیترات بالا در سوخ سیر چنین گزارش نموده‌اند که با رعایت اصل تطابق زمان نیاز و زمان مصرف کودهای نیتروژنی، می‌توان ضمن حفظ عملکرد بالا، محصول سیر با نیترات پایین تولید کرد.

۵-۵-۶-۱-۳-علایم کمبود نیتروژن

اولین علامت کمبود نیتروژن در اکثر سبزی‌ها به‌طور قابل توجهی مشابه هم است. رشد ریشه‌ها و شاخه‌ها متوقف می‌شود. سرشاخه‌ها کوتاه و باریک شده، ریشه گیاه ضعیف می‌ماند و برگ‌ها کوچک و معمولا در اوایل فصل رشد به رنگ سبز روشن مایل به زرد در می‌آیند. از علائم کمبود نیتروژن می‌توان به زرد شدن برگ‌های مسن‌تر و

نوک برگ‌ها، زردی عمومی گیاه ، ضعیف بودن و عملکرد پایین محصول اشاره کرد (روزن و همکاران، ۱۹۹۹). شکل ۲۳ کمبود و حد مکفی کود نیتروژن مصرف شده را نشان می‌دهد.

(ب) (الف)

شکل ۲۳- الف) گیاه با علایم کمبود نیتروژن و ب) گیاه بدون علایم کمبود نیتروژن

۵-۵-٦-۱-٤- روش مصرف کودهای حاوی نیتروژن

۵-۵-٦-۱-٤-۱-روش نواری

مصرف کودهای نیتروژنی در روش نواری بالاترین بازده را دارا می‌باشند. در این روش برای جلوگیری از افزایش غلظت نمک‌ها و در نتیجه بالارفتن فشار اسمزی محلول خاک، لازم است جایگذاری در فاصله حداقل پنج سانتی‌متری زیر و کنار سیرچه باشد. بدیهی است در این روش، ۳۰ درصد از مقدار کل توصیه شده بایستی مصرف شود.

۵-۵-٦-۱-٤-۲-روش کودآبیاری

در این روش در صورتی که از آبیاری تیپ استفاده شود، با حل کردن مقدار کود مورد نیاز در مراحل خاص از طریق تانک کود، می‌توان عمل کوددهی را انجام داد. نکته‌ای که در این روش به آن باید توجه شود اینکه اضافه کردن کود به سیستم در مراحل پایانی آبیاری صورت گیرد تا شستشوی نیتروژن به حداقل برسد. در آبیاری

سطحی، از طریق حل کردن کود در آب و قراردادن آن در مسیر آب ورودی به جویچه‌ها، عمل کوددهی صورت می‌گیرد. بدیهی است در هر دو روش لازم است دبی خروجی کود از منبع به گونه‌ای تنظیم شود که یکنواختی توزیع کود در سطح و عمق بهینه باشد. از محاسن این روش امکان مصرف با تقسیط بیشتر و در نتیجه افزایش کارآیی کود می‌باشد.

۵-۵-٦-۱-٤-۳-روش محلول‌پاشی

محلول‌پاشی مواد غذایی روش دیگری از مصرف کود می‌باشد. اگرچه در مورد عناصر پرمصرف، محلول‌پاشی کفایت نیاز گیاه را نمی‌کند و مصرف به روش‌های دیگر نیز ضروری است. با این حال، اوره تنها کود نیتروژنی است که از آن می‌توان به سهولت به صورت محلول‌پاشی استفاده نمود. اگرچه از میان کودهای نیتروژنی معمولی، محلول اوره پایین‌ترین فشار اسمزی را تولید می‌کند، با این وجود تنها مقدار کمی از آن را می‌توان به روش محلول‌پاشی مصرف کرد. محلول‌های غلیظ اوره یا اوره با درصد بالا به دلیل وجود بیورت در اوره، باعث سوختگی در برگ‌ها می‌شوند. محلول‌پاشی نیتروژن فقط بخشی از نیاز گیاه به این عنصر را تأمین می‌کند، اما مصرف آن در شرایط بروز کمبود و عدم امکان جبران آن توسط سایر روش‌ها در کوتاه مدت، خالی از اهمیت نیست. در این روش، سرعت انتقال عناصر غذایی از سطوح برگ‌ها به اندام‌های مختلف گیاهی زیاد است. در هر صورت بیشترین زمان تأثیر محلول‌پاشی هنگامی است که برگ‌ها حداکثر سطح را داشته، هوا خنک (هنگام غروب) و گیاه تحت تنش رطوبتی نباشد.

۵-۵-٦-۱-۵-اثر دو جانبه دورهای آبیاری و کود نیتروژنه

پانچال و همکاران[1] (۱۹۹۲) در پژوهشی تأثیر سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل، سه سطح نیتروژن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص و سه سطح فسفر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم را بر روی سیر در شرایط هندوستان مورد ارزیابی

1. Panchal et al.

قرار دادند. بیشترین عملکرد سوخ از تیمار آبیاری ۱۲۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و مصرف نیتروژن ۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. پاندی و همکاران[1] (۱۹۹۳) در یک خاک لومی رسی پژوهشی با پنج سطح آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و سه سطح نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بر روی سیر انجام دادند که در این بررسی نصف نیتروژن به صورت پایه و نصف دیگر آن ۳۰ روز بعد از کشت مصرف شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری ۱۵۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و مصرف ۱۵۰ نیتروژن کیلوگرم در هکتار بدست آمد که این سطوح آبیاری و کوددهی بیشترین قطر و وزن سوخ را نیز دارا بودند. نتایج سنو[2] (۱۹۹۷) نشان داد که تیمارهای نیتروژن و آبیاری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد سیر نداشتند، ولی بیشترین وزن سوخ از تیمار آبیاری به فاصله سه روز و نیتروژن ۲۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. یونکای و اشمیدهالتر[3] (۲۰۰۵) گزارش کرد که کود نیتروژن بدون آب کافی، عملکرد را افزایش نمی‌دهد و افزایش آب قابل استفاده گیاه بدون نیتروژن کافی تاثیری بر عملکرد ندارد. افزایش نیتروژن مصرفی زمانی عملکرد را افزایش می‌دهد که تنش آبی شدید نباشد. هم‌چنین، در شرایط رطوبت کافی مصرف نیتروژن کافی باعث افزایش عملکرد سوخ می‌شود در حالی‌که در شرایط تنش رطوبتی، مصرف نیتروژن به‌طور عمده غلظت آن را در سوخ افزایش می‌دهد. در حالی‌که خشکی، معدنی شدن نیتروژن را در خاک کم می‌کند و بنابراین فراهمی آن را کاهش می‌دهد. کاهش جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه ممکن است به کاهش میزان تعرق و انتقال نیتروژن از ریشه به ساقه نسبت داده شود (یونکای و اشمیدهالتر، ۲۰۰۵).

1. Pandey et al.
2. Seno et al.
3. Yuncai and Schmidhalter

۵-۵-٦-۱-٦-باقی مانده نیترات

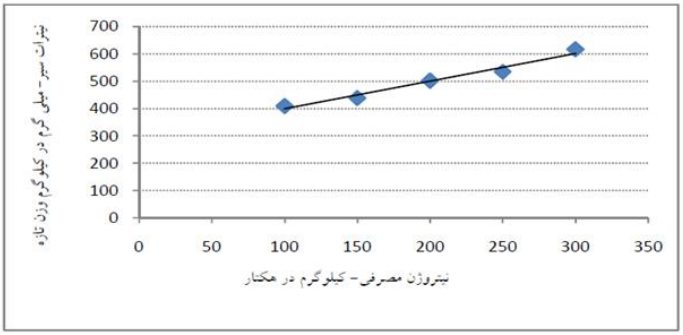
وجود نیترات در مواد غذایی و اثرات سوء آنها بر روی سلامتی موضوعی است که اهمیت زیادی دارد (کاماک و همکاران[1]، ۱۹۹۹). مقدار نیترات در گیاهان، به علت افزودن کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن، می‌تواند تا حد زیادی بالا برود. بعضی از سبزی-ها مانند سیر و پیاز، پاسخ‌های مثبتی به کودهای نیتروژنی داشته و می‌توانند مقادیر زیادی نیترات را در خود انباشته نمایند (مروسیا و همکاران[2]، ۲۰۱۰). در واقع مقدار نیترات موجود در خاک (که ممکن است مربوط به مقدار کودهای تجاری به کار برده شده باشد) عامل عمده تعیین میزان تجمع نیترات در سبزی‌ها است (بی‌نام[3]، ۱۹۹۸). حد بحرانی مقدار نیتراتی که روزانه مجاز است به بدن وارد شود کمتر از ۳/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است. بر این اساس، یک فرد با متوسط وزن ۷۰ کیلوگرم، روزانه نباید بیش از ۲۵۵/۵ میلی‌گرم نیترات را دریافت نماید (بی‌نام، ۱۹۹۲). بنابراین باید تلاش نمود تا غلظت نیترات را به‌خصوص برای افرادی که در رژیم غذایی آنها سبزی‌ها زیاد مصرف می‌شود به حداقل مقدار کاهش داده شود.

۵-۵-٦-۱-۷-غلظت نیترات در سوخ

اهمیت تغذیه نیتروژن در زراعت سیر، جدای از نقش حیاتی آن در متابولیسم گیاه و در نتیجه تولید محصول، از آنجا ناشی می‌شود که در صورت مصرف بی‌رویه و نابهنگام آن، علاوه بر دیررسی، قطور شدن طوقه، نرم شدن بافت، کاهش سفتی و قابلیت نگهداری، موجب افزایش تجمع نیترات در سوخ سیر به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای سنجش سلامت سوخ را فراهم می‌آورد. سازمان ملی استاندارد ایران، حد میزان نیترات باقی مانده در سیر را ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن تازه اعلام کرده است (بی‌نام، ۱۳۹۲). با این وصف این عدد توسط ملکوتی (۱۳۸۹) ۵۰ میلی‌گرم در

1. Cammack et al.
2. Merusia et al.
3. Anonymus

کیلوگرم بر مبنای وزن تازه اعلام شده است که از استاندارد ملی ایران، سخت‌گیرانه‌تر می باشد. طی مطالعه‌ای در میادین میوه و تره‌بار اهواز، غلظت نیترات در سیر طی دو فصل زمستان و بهار پایش شد. نتایج نشان داد که غلظت نیترات در سوخ تازه سیر در تابستان به طور میانگین ۱۹۸ و در زمستان ۲۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه می‌باشد (شهلایی و همکاران، ۲۰۰۷). طی مطالعه‌ای دیگر در همدان، رابطه غلظت نیترات سیر و سطوح مختلف مصرف نیتروژن بررسی شد (نوری و همکاران[1]، ۲۰۱۲). نتایج نشان داد که رابطه بین غلظت نیترات و مصرف نیتروژن از رابطه خطی با معادله $Y=1.014X+297.4$ پیروی می‌کند که در این معادله، Y متغیر وابسته غلظت نیترات بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه و X متغیر مستقل مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم (N) در هکتار بود (نمودار ۱).



نمودار ۱- همبستگی نیتروژن مصرفی با غلظت نیترات (NO_3^-) سیر (نوری و همکاران، ۲۰۱۲)

تجمع نیترات با فتوسنتز رابطه معکوس دارد. یعنی هر عاملی که میزان فتوسنتز در گیاه را کاهش دهد، سبب افزایش غلظت نیترات در گیاه خواهد شد. با توجه به اینکه فرآیند آمین‌سازی (تبدیل نیترات به عامل آمینی جهت سنتز پروتئین) در گیاه، انرژی خواه است (به ATP احتیاج دارد)، بنابراین هر عاملی نظیر استرس‌های محیطی که باعث تضعیف گیاه شود، به تجمع نیترات کمک می‌کند. در یک گیاه، میزان نیترات در بین بافت‌های مختلف متفاوت است. نیترات معمولاً در برگ‌ها، ریشه و ساقه به بیشترین

1. Noori et al.

مقدار دیده می‌شود. یکی از اثرات سوء کمبود مولیبدن در گیاه، تجمع نیترات است (آنزیم نیترات رداکتاز از دو بخش تشکیل شده که عنصر مولیبدن در هر دو بخش وجود دارد و برای مولیبدن پیوند H^+ را عنصر نیتروژن مهیا می‌کند). بنابراین، محلول-پاشی مولیبدن می‌تواند از تجمع نیترات بکاهد. در بیشتر گونه‌های گیاهی، اندام‌های مختلف آن مثل برگ، ساقه و ریشه توانایی احیای نیترات را دارند، ولی وقتی کود نیتروژنی بیش از نیاز مصرف گردد، امکان تجمع نیترات بیشتر می‌شود.

۵-۵-٦-۱-۸-نقش تغذیه متعادل در کاهش محتوای نیترات

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که با مصرف نامتعادل کودها، به ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژن و فسفاتی در انواع سبزی و صیفی، علاوه بر افزایش نیترات، تا حد زیادی از محتوای ویتامین C کاسته می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که محتوای نیترات سیر با استفاده از مصرف فسفر کاهش داشته است (احمد و همکاران[1]، ۲۰۰۰). مقادیر بهینه فسفر غیرآلی برای متابولیسم نیترات ضروری است، اما غلظت‌های بالای فسفر موجب غیرفعال شدن واکنش‌های آنزیمی موثر در متابولیسم نیترات می‌گردد و موجب انباشت نیترات درون بافت‌های گیاه می‌گردد. از طرف دیگر، کاهش رشد در نتیجه کمبود فسفر، موجب افزایش نسبت ریشه به بخش هوایی، افزایش درصد ماده خشک گیاه، افزایش محتوای قند، اسیدهای آلی و نیترات در گیاه می‌گردد (بوالدا و وارمن هون[2]، ۱۹۹۹). هم‌چنین گزارش شده است که کاربرد پتاسیم موجب انتقال بهتر نیترات به بخش‌های هوایی گیاه می‌شود و متابولیسم آن را شدت می‌بخشد که در نهایت باعث کاهش محتوای نیترات داخل بافت‌های گیاه می‌گردد (روایز و رومرو[3]، ۲۰۰۲؛ احمد و همکاران، ۲۰۰۰). تجمع نیترات در گیاه در ارتباط با سایر ترکیبات نیز می‌باشد. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده است که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک (احمد و

1. Ahmed et al.
2. Buwalda and Warmenhoven
3. Ruiz and Romero

همکاران، ۲۰۰۰)، مصرف کودهای حاوی مولیبدن (ژهیو و همکاران[1]، ۲۰۰۰) و کلسیم محتوای نیترات محصولات سبزی و صیفی را به طرز چشم‌گیری کاهش داده است. در شرایط غلظت بالای کلسیم گیاه، غلظت قند و اسید آمینه‌ها در برگ بالا می‌رود و با نیترات ذخیره شده در واکوئل‌های برگ جایگزین می‌گردند (احمد، ۱۹۹۶). محتوای نیترات اکثر محصولات سبزی و صیفی مثل کلم، هویج، چغندر، گوجه فرنگی و پیاز در اثر کاربرد زئولیت و اسید هیومیک کاهش یافته است (نازاریوک و همکاران[2]، ۲۰۰۲). بور نیز دارای نقش مهمی در متابولیسم نیترات دارد، به گونه‌ای که حد کفایت آن موجب متابولیسم طبیعی نیترات در گیاه می‌گردد و از تجمع آن در گیاه می‌کاهد، اما غلظت بیش از حد کفایت بور در بافت‌های گیاهی، موجب مسمومیت گیاه شده و سیستم آنزیمی کاهش‌دهنده نیترات را مختل می‌کند (اینال و تاراکیوگلو[3]، ۲۰۰۱)، بنابراین کشت و کار سیر در خاک‌های آلوده به لجن فاضلاب که غلظت بالای بور دارند، موجب افزایش غلظت بور در سیر می‌گردد (نازاریوک و همکاران، ۲۰۰۲). گیاهان به گوگرد به عنوان یک ماده غذایی مهم نیاز دارند. به طور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل در گیاهان و تشکیل آنزیم نیتروژناز دخالت داشته و از تجمع نیترات جلوگیری می‌کند (هانکلایوز و همکاران، ۲۰۰۷). گوگرد در تشکیل پیش‌ماده‌های سازنده طعم و بو در پیازی‌ها دخالت داشته و در ویژگی بو و تندی در گیاهانی مانند خردل، پیاز و سیر و نیز فعال سازی سیستم‌های آنزیمی مشخص و برخی ویتامین‌ها از جمله ویتامین آ نقش دارد (بروستر، ۱۹۹۴). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که همبستگی منفی بین محتوای نیترات برگ و محتوای سولفات برگ وجود دارد (بلوم-زاندسترا و لامپه[4]، ۱۹۸۳). به عبارت دیگر، گیاهانی که دچار کمبود گوگرد باشند، در نتیجه از محتوای نیترات زیادی برخوردار

1. Zhou et al.
2. Nazaryuk et al.
3. Inal and Tarakcioglu
4. Blom-Zandstra and Lampe

خواهند بود (مینارد و همکاران[1]، ۱۹۷۶). پتاسیم موجود در کود نیز می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار داده و آن را بهبود بخشد. واکنش گیاهان نسبت به جذب پتاسیم تا حد زیادی بستگی به سطح تغذیه نیتروژن دارد. در صورتی که گیاه از نیتروژن کافی برخوردار باشد، افزایش عملکرد به علت پتاسیم بیشتر است (شوانزکوف[2]، ۱۹۷۲).

۵-۵-٦-۲-فسفر

فسفر در ترکیبات گوناگون انتقال انرژی در گیاهان استفاده می‌شود. نقش بسیار مهم فسفر، نقش آن در ساختار اسید نوکلئیک‌هاست. فسفر به شکل $H_2Po_4^-$ یا HPo_4^{2-} و طی یک روند فعال نیازمند انرژی، جذب می‌شود. این عنصر در گیاه متحرک است. کمبود این ماده، نخست در برگ‌های قدیمی‌تر ظاهر می‌شود، زیرا فسفر برای جبران نیاز قسمت‌های تازه رشد یافته به آنجا حرکت می‌کند. کمبود ناشی از فسفر به توقف رشد و ایجاد رنگ قرمز در برگ‌ها منجر می‌شود. این تغییر رنگ به علت افزایش میزان رنگیزه‌های آنتوسیانین می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). در ماده خشک برگ‌های دچار کمبود فسفر، تنها ۰/۱ درصد از این عنصر وجود دارد. برگ‌های بالغ شده اغلب گیاهان، دارای ۰/۲۵ درصد تا ۰/۶ درصد از این ماده بر اساس وزن خشک آنها هستند (سیلسپور، ۱۳۹۸). وجود فسفر اضافی در ناحیه ریشه می‌تواند باعث کاهش رشد گیاه شود، زیرا وجود بیش از حد این ماده، میزان جذب روی (Zn)، آهن (Fe) و مس (Cu) را کاهش می‌دهد. مصرف فسفر در خاک‌هایی که بیش از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب دارند، نتیجه خاصی نخواهد داشت (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). زمانی که کودهای فسفره محلول در آب به خاک اضافه می‌شوند، بلافاصله با خاک واکنش می‌دهند و به فرم‌های نامحلول تبدیل می‌شوند. تنها جزء کوچکی از فسفر کود به صورت محلول باقی می‌ماند. بنابراین تنها راه این است که کودهای فسفره را به صورت نواری

1. Maynard et al.
2. Schwartzkopf

مصرف کنیم. مصرف کود سوپر فسفات تریپل، ممکن است جوانه زدن سیرچه را با تاخیر مواجه کند، چرا که این کود جاذب رطوبت خاک است. بنابراین جایگذاری صحیح این کود، در اقلیم‌های خشک از اهمیت بسزایی برخوردار است. کود فسفات آمونیوم تاثیر سوء زیادی روی جوانه‌زنی سیر دارد و باید دور از سیرچه قرار داده شود. البته زمانی که رطوبت خاک به اندازه کافی باشد، احتمال زیان ناشی از مصرف کود در جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (سیلسپور، ۱۳۹۸). توصیه مصرف فسفر بر اساس آزمون خاک در جدول پنج آورده شده است (هاچموت و کورداسکو، ۱۹۹۸). برای جلوگیری از تثبیت کودهای فسفره، بهتر است کود فسفره توصیه شده به همراه حداقل ۲۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده مخلوط و مصرف شود.

جدول ۵– توصیه کود فسفره بر مبنای آزمون خاک برای گیاه سیر (هاچموت و کورداسکو، ۱۹۹۸)

فسفر خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	P_2O_5 (کیلوگرم در هکتار)	سوپرفسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار)
۰–۵	۲۰۰	۴۰۰
۵–۱۰	۱۵۰	۳۰۰
۱۰–۱۵	۱۰۰	۲۰۰
۱۵	۰	۰

علایم کمبود فسفر در سیر به صورت ظهور رنگ ارغوانی در برگ‌های مسن، توقف رشد ریشه و توقف رشد گیاه می‌باشد (شکل ۲۴).

شکل ۲۴- علایم کمبود فسفر در سیر

فسفر در طول فصل رشد نیز مورد نیاز است، اما نقش مهمی در رشد ریشه و استقرار محصول دارد. کمبودهای فسفر ممکن است در خاک‌های با pH بالا یا پایین و در خاک-های مرطوب و سرد رخ دهد. کودهای فسفر قبل از کاشت در خاک مصرف می‌شوند. میزان نیاز فسفر (P_2O_5 از صفر تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) گزارش شده است (بوالدا و وارمن هون، ۱۹۹۹). با توجه به شرایط خاک‌های مناطق گرمسیری از نظر میزان آهک و سطح حاصلخیزی خاک، به منظور افزایش کارایی کودهای شیمیایی و کاهش تثبیت آنها در خاک باید کودهای مورد استفاده حداقل تماس با خاک را داشته باشند. با توجه به فراهمی کلسیم بالا در خاک‌های کشور و وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم در خاک، میل به تبدیل شدن کود سوپرفسفات تریپل به دی کلسیم فسفات و تری کلسیم فسفات بسیار زیاد است که به شدت از حلالیت و قابلیت استفاده فسفر برای گیاه می‌کاهد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). با تغییر نگرش در فراهم نمودن کودهای فسفری سازگار با شرایط خاک‌های کشور کودهای محلول در آب مانند اوره فسفات با دارا بودن ۴۴ درصد فسفر و ۱۸ درصد نیتروژن با کارایی جذب بالا و pH اسیدی می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای متداول فسفری باشند.

۵-۵-٦-۲-۱-کودهای فسفره

کودهای فسفره به‌طور معمول دارای سمیت کمی هستند، زیرا بخش مهمی از فسفات قبل از رسیدن به ریشه گیاه، رسوب می‌کند. غلظت فسفات در محلول خاک در هر زمان خیلی کم می‌باشد. فسفر مهم‌ترین عنصر برای ریشه اولیه گیاه می‌باشد و اگر بصورت نواری استفاده شود کارایی بیشتری دارد. از آنجایی که فسفر در خاک متحرک نیست، لازم است کودهای فسفره بصورت نواری نزدیک محل تجمع ریشه گیاه قرار داده شوند. رایج‌ترین منابع شیمیایی فسفر، سوپرفسفات تریپل و دی آمونیوم فسفات می‌باشند که بین ۴۸ تا ۵۲ درصد فسفر (P_2O_5) دارند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

۵-۵-٦-۳-پتاسیم

پتاسیم به عنوان یک فعال‌ساز در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش دیگر پتاسیم در گیاهان در سلول‌های ویژه برگ به نام سلول‌های نگهبان رخ می‌دهد که در اطراف روزنه یافت می‌شود. سلول نگهبان باز و بسته شدن روزنه را کنترل می‌کنند و بنابراین سطح تبادل گاز و بخار آب را بین درون برگ و فضای اطراف روزنه کنترل می‌نمایند. آماس سلول‌های نگهبان با جابجایی پتاسیم درون و خارج از این سلول‌ها کنترل می‌شود. اغلب مقدار زیادی پتاسیم طی فرآیند جذب فعال جذب می‌شود. پتاسیم در گیاه بسیار متحرک است و به سرعت به بافت‌های جدید منتقل می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵).

ظرفیت نگهداری پتاسیم در خاک و میزان قابلیت جذب آن به نوع خاک و مقدار رس خاک بستگی دارد. بسته به بافت خاک، برای افزایش یک کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K) خاک، دو تا شش کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز است. خاک-هایی که رس غالب آن از نوع ورمیکولایت است، کود پتاسیم را به شدت تثبیت می-کند و پتاسیم تثبیت شده به راحتی برای گیاه قابل جذب نیست. چنین خاک‌هایی برای آنکه پتاسیم را به راحتی در اختیار گیاه قرار دهند، نیاز به مقادیر بالاتری پتاسیم دارند .مصرف پتاسیم به صورت نواری در مقایسه با مصرف پتاسیم به صورت پخش سطحی از راندمان بالاتری برخوردار است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). در مصرف نواری پتاسیم، باید سعی شود که کود نزدیک سیرچه قرار نگیرد، چرا که جوانه‌زنی را با مشکل مواجه خواهد ساخت. توصیه پتاسیم بر اساس آزمون خاک در جدول (۹) آورده شده است (هاچموت و کورداسکو، ۱۹۹۸).

۵-۵-٦-۳-۱-علایم کمبود پتاسیم

علایم کمبود پتاسیم در سیر به صورت نوک سوختگی برگ‌های مسن بروز می‌کند که در صورت ادامه کمبود، حاشیه برگ نیز به رنگ زرد می‌گراید و در نهایت خشک خواهد شد (شکل ۲۵). پتاسیم باعث افزایش مقاومت گیاه سیر در برابر خشکسالی و

افزایش مقاومت در برابر سرما می‌شود. پتاسیم در حرکت کربوهیدرات در محصول نقش دارد و بنابراین در اواخر فصل برای حجیم شدن سوخ‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کمبود پتاسیم می‌تواند در خاک‌های خشک، خاک‌های دارای پتاسیم کم و جایی که عدم تعادل کاتیون‌ها در خاک وجود دارد رخ دهد. کودهای پتاسیم قبل از کاشت در خاک مصرف می‌شوند.

جدول ۸- توصیه کودی پتاسیم بر مبنای آزمون خاک (هاچموت و کورداسکو، ۱۹۹۸)

پتاسیم خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	K_2O (کیلوگرم در هکتار)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)
۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
۱۰۰-۱۵۰	۱۵۰	۳۰۰
۱۵۰-۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰
۲۰۰-۲۵۰	۵۰	۱۰۰
۲۵۰	۰	۰

۵-۵-۶-۳-۲-کودهای پتاسه

کلرور پتاسیم (KCl)، اگر چه در ایران مصرف نمی‌شود، عمومی‌ترین منبع کود پتاسیمی می‌باشد و سمیت کمتری در واحد وزن نسبت به کودهای نیتروژنی دارد. کلرور پتاسیم که ۶۰ درصد پتاسیم (K_20) دارد و حلالیت آن در آب حدود ۲۶ درصد و مصرف سرک آن رایج است. رایج‌ترین و ارزانترین کود پتاسه در دنیا است. این کود برای اکثر سبزی‌ها، کود مؤثری است. با آن که حدود ۹۲ درصد کودهای پتاسیمی مصرفی جهان را کلرور پتاسیم تشکیل می‌دهد، لیکن در برخی شرایط، حضور یون کلر مطلوب نمی‌باشد. این حالت کمابیش برای گیاهانی نظیر سیب زمینی به‌خصوص هنگامی که مصرف سیب زمینی به صورت تازه مطرح نبوده و از سیب زمینی برای تهیه نشاسته استفاده می‌گردد، صادق است. وجود کلر اضافی در انتقال نشاسته در گیاه وقفه ایجاد کرده و بدین سبب عملکرد سیب‌زمینی کاهش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). سولفات پتاسیم، سولفات پتاسیم- منیزیم و نیترات پتاسیم منابع دیگر پتاسیم هستند که

برای شرایط خاص توصیه می‌شوند. سولفات پتاسیم سمیت کمتری نسبت به کلرور پتاسیم دارد. سولفات منیزیم پتاسیم دارای سمیت مشابهی در واحد پتاسیم همچون کلرور پتاسیم است. نیترات پتاسیم نیز یکی از منابع مفید پتاسیم می‌باشد.

شکل ۲۵ - علایم کمبود پتاسیم در سیر

کاربرد خیلی زیاد پتاسیم در نوارهای کشت می‌تواند باعث آسیب رساندن به جوانه-های جوان و کاهش عملکرد و کیفیت محصول شود. خطر آسیب کودی در خاک‌های شنی و لوم شنی نسبت به خاکهای لومی رسی و لومی سیلتی بیشتر است. در خاک‌های با بافت درشت و لوم شنی، قسمتی از کود پتاسیم مورد نیاز باید قبل از کشت به صورت پخش در سطح مصرف شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵).

۵-۵-٦-٤-گوگرد

گوگرد عنصر غذایی مهمی در تولید سیر است و بر طعم، تندی، خصوصیات دارویی و انبارمانی سوخ‌ها تأثیر می‌گذارد. بیشتر جذب در طول بلوغ سوخ اتفاق می‌افتد. کمبود گوگرد ممکن است در خاک ماسه‌ای و مناطقی که میزان انتشار گوگرد کم دارند ایجاد شود. عملکرد سیر به‌طور معمول به مکمل‌های گوگرد پاسخ نمی‌دهد، اما بطور قابل توجهی بر طعم و محتوای ترکیبات دارویی تأثیر دارد (هاچته و همکاران[1]، ۲۰۰۴).

نتایج پژوهش نشان داده است که همبستگی منفی بین محتوای نیترات برگ و محتوای سولفات برگ وجود دارد (بلوم-زاندسترا و لامپه، ۱۹۸۳). به عبارت دیگر گیاهانی که

1. Huchette et al.

دچار کمبود گوگرد باشند، در نتیجه از محتوای نیترات زیادی برخوردار خواهند بود (مینارد و همکاران، ۱۹۷۶). گیاهان به گوگرد به عنوان یک ماده غذایی مهم نیاز دارند، به طور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل در گیاهان و تشکیل آنزیم نیتروژناز دخالت داشته و از تجمع نیترات جلوگیری می‌کند (هانکلایوز و همکاران[1]، ۲۰۰۷). گوگرد در تشکیل پیش ماده‌های سازنده طعم و بو در پیازی‌ها دخالت داشته و در ویژگی بو و تندی در گیاهانی مانند خردل، پیاز و سیر و نیز فعال‌سازی سیستم‌های آنزیمی مشخص و برخی ویتامین‌ها از جمله ویتامین آ نقش دارد (بروستر، ۱۹۹۴). پژوهش نشان داده است، زمانی که تغذیه گوگردی افزایش می‌یابد، مقدار گوگرد کل ذخیره شده به صورت سولفات از ۱۰ درصد به حدود ۵۰ درصد می‌رسد. گوگرد کل گیاه شامل سولفات و ترکیبات گوگرددار آلی می باشد. اکسایش گوگرد در خاک سبب تأمین سولفات و آزاد شدن عناصر غذایی می‌شود (هانکلایوز و همکاران، ۲۰۰۷). گوگرد از عناصر مهم تغذیه‌ای است که نقش مهمی در سیر ایفا می‌نماید. گوگرد در مقادیر مشابه فسفر و در برخی گیاهان در مقادیر بیشتر از فسفر در گیاه یافت می‌شود. کمبود گوگرد در زراعت‌هایی که زمین پشت سر هم کشت می‌شود، نمایان می‌شود. مقدار گوگرد در گیاه تقریبا برابر با فسفر و حتی بیشتر نیز (۰/۲ درصد) می باشد. گوگرد جزئی از اسیدهای آمینه و در نتیجه پروتئین‌هاست. گوگرد در بعضی از واکنش‌های آنزیمی دخالت داشته و جزئی از ترکیبات فرار، به ویژه موادی است که در سیر ایجاد رایحه می‌نمایند. با توجه به اهمیت گوگرد در تغذیه گیاه، شواهدی مبنی بر واکنش مثبت گیاه به افزودن کودهای حاوی گوگرد در مناطق خشک و نیمه خشک موجود است. گوگرد در درون گیاه پویا نیست و بنابراین، علایم کمبود آن که شباهت زیادی با آثار کمبود نیتروژن (رنگ پریدگی) دارد، از برگ‌های جوان آغاز می‌گردد. گوگرد شبیه نیتروژن، پس از جذب در درون گیاه احیا شده و به شکل گروه‌های دی سولفید و سولفیدریل در می‌آید. برای قابل استفاده شدن گوگرد عنصری در خاک، لازم است گوگرد به وسیله باکتری‌های تیوباسیلوس که در اکثر خاک‌های زراعی با درصد موادآلی و رطوبت مناسب یافت می‌شوند، تبدیل به

2. Haneklaus et al.

سولفات گردد. مصرف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس نتایج بسیار جالبی در خاک‌های آهکی و قلیایی با بافت سنگین دارد. با مصرف این کود، قابلیت جذب عناصر دیگر، به ویژه آهن، روی و فسفر افزایش می‌یابد. گزارش شده است که گوگرد باعث افزایش ترکیبات فرار در سیر می‌شود (آاویاما و همکاران[1]، ۲۰۰۰). مصرف گوگرد از طریق تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، تعداد سیرچه، وزن تر و خشک سیرچه، باعث افزایش عملکرد سیر می‌شود. بالاترین عملکرد از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بدست آمده است (آلام و همکاران[2]، ۱۹۹۹). نتایج پژوهشی در خصوص مصرف منابع و مقادیر گوگرد در زارعت سیر نشان داد که عملکرد و مقدار جذب عناصر غذائی نیتروژن، فسفر و گوگرد در سیرچه‌ها با افزایش مقدار مصرف گوگرد از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. تجمع و جذب گوگرد در سیر دقیقا موازی تجمع ماده خشک است و در طول دوره رشد و توسعه سیرچه‌ها، گوگرد آلی به سیرچه‌ها انتقال پیدا می‌کند (برتونی و همکاران[3]، ۱۹۹۸).

منابع مختلفی برای جبران کمبود گوگرد استفاده می‌گردد. گچ و سولفات پتاسیم نیز از بین منابع مختلف گوگرد، بیشترین تاثیر را در رفع کمبود گوگرد دارند. علایم کمبود گوگرد در سیر به صورت ظهور رنگ روشن در کل گیاه می باشد (شکل ۲۶).

شکل ۲۶- علایم کمبود گوگرد در سیر

1. Aoyama et al.
2. Alam et al.
3. Bertoni et al.

۵-۵-۷-عناصر کم‌مصرف

عناصر کم‌مصرف روی، منگنز، مس، بر، آهن و مولیبدن به مقدار بسیار کمی مورد نیاز گیاه سیر هستند. این عناصر علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد گیاه دارند، نقش مهمی در کاهش محتوای نیترات دارند. اما با وجود مقدار جذب کم این عناصر، نقش آنها در رشد و نمو گیاه کمتر از عناصر پرمصرف نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیست. کمبود یکی از این عناصر، میزان محصول سیر و کیفیت آن را همانند کمبود یکی از عناصر پرمصرف تحت تاثیر قرار می‌دهد و از طرف دیگر، وقتی این عناصر به مقدار زیادتر از مورد نیاز گیاه در خاک موجود باشند، باعث مسموم شدن گیاه می‌شوند، بنابراین باید مقدار مصرف آنها با دقت توصیه شود. از طرف دیگر روش مصرف این عناصر نیز بسیار حائز اهمیت است، چرا که روش نامناسب مصرف این عناصر، می‌تواند به گیاه صدمه بزند. در بسیاری از موارد، ظهور علائم کمبود عناصر کم مصرف، ارتباطی به مقدار کل این عناصر در خاک ندارد، بلکه قابلیت جذب این عناصر است که در اکثر موارد مشکل‌زاست.

کمابیش مشاهده شده pH خاک در اکثر موارد، مهم‌ترین فاکتوری بوده است که قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف را تحت تاثیر قرار داده است. وقتی pH خاک بین شش تا ۶/۸ باشد، کمبود عناصر کم‌مصرف اتفاق نمی‌افتد. به‌طور عمومی کمبود عناصر کم-مصرف بیشتر در شرایط ذیل رخ میدهد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸):

۱-خاک‌هائی که به‌شدت فرسایش یافته‌اند و خاک زراعی سطح الارض از بین رفته است.

۲-خاک‌های درشت بافت

۳-خاک‌هایی که pH قلیایی دارند.

۴-خاک‌های آلی نظیر پیت

۵-۵-۷-۱-حد مطلوب غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک

جهت نیل به حداکثر تولید با کیفیت مناسب، وجود غلظت مناسبی از عناصر غذایی از جمله عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک الزامی است. بدیهی است چنانچه غلظت هریک از عناصر غذایی کم‌مصرف در حد کم قرار داشته باشند، مصرف آن، عنصر

غذایی لازم می‌باشد. مصرف عناصر کم‌مصرف بر اساس آزمون خاک، pH خاک و عکس العمل گیاه می‌باشد. حد مطلوب، کمبود و بیش‌بود عناصر کم‌مصرف در جدول (۹) ارایه شده است (ملکوتی، ۱۳۷۸).

جدول ۹- حد مطلوب عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک‌های زراعی (ملکوتی،۱۳۷۸)

عنصر	اندازه	مقدار موجود در خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)
بور (روش آب داغ)	کم	<۰/۸
	مطلوب	۱/۰
	زیاد	>۳/۰
مس (روش DTPA)*	کم	<۰/۸
	مطلوب	۱/۰
	زیاد	>۳/۰
آهن (روش DTPA)	کم	<۸
	مطلوب	۱۰
	زیاد	>۲۰/۰
منگنز (روش DTPA)	کم	<۰/۵
	مطلوب	۱۰-۱۵
	زیاد	>۳۰/۰
روی (روش DTPA)	کم	<۱
	مطلوب	۲/۰
	زیاد	>۵/۰

* (دی اتیلن آمین پنتا استیک اسید)

۵-۵-۷-۲-آهن (Fe)

آهن به طور غیرمستقیم در متابولیسم نیترات شرکت می‌کند. از آنجایی که کمبود آهن به کلروز برگ منجر می‌شود و باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد، بنابراین با کاهش فتوسنتز موجب افزایش نیترات باقی مانده در گیاه می‌گردد. زردی برگ ناشی از آهک

که به کمبود آهن (Fe) معروف است در خاک‌های آهکی به‌طور کامل چشمگیر است. بالا بودن pH خاک و از طرفی مصرف بی‌رویه کودهای فسفره درسال‌های گذشته از عوامل مهمی هستند که به این مسئله کمک می‌کنند. به طور کلی، کمبود آهن را در نتیجه عدم توازن یون‌های فلزی نظیر مس و منگنز، زیادی مقدار فسفر در خاک، ترکیبی از pH بالا، آهک زیاد، رطوبت زیاد خاک، دمای پائین و مقدار زیاد کربنات در محیط ریشه و آب آبیاری می‌دانند. غلظت‌های بالای فسفر باعث رسوب آهن در سطح یا درون ریشه می‌شود. علائم کمبود آهن ابتدا از برگ‌های جوان گیاه شروع می‌شود. در این برگ‌ها، پهنک حد فاصل رگبرگ‌ها ابتدا سبز روشن شده و نهایتا زرد می‌شود، در صورتی که رگبرگ‌های گیاه سبز باقی می‌مانند سولفات آهن $FeSO_4,7H_2O$ از کودهایی است که برای مصرف به‌صورت محلول‌پاشی مناسب و موثر است. کلات آهن با بنیان EDTA نیز برای محلول‌پاشی مناسب است. در صورت بروز کمبود، محلول‌پاشی با غلظت پنج در هزار سولفات آهن، دو بار در طول دوره رشد توصیه می‌شود. در صورت لزوم استفاده از منابع کودی آهن در خاک، استفاده از کلات‌های آهن با بنیان EDDHA مثل سکوسترین ۱۳۸، توصیه می‌گردد.

۵-۵-۷-۳- روی (Zn)

با مصرف نامتعادل کودها به ویژه زیاده روی در مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی در انواع سبزی و صیفی، علاوه بر افزایش نیترات، تا حد زیادی از محتوای ویتامین C کاسته می‌شود. لیکن، با رعایت اصول مصرف بهینه‌ی کود به ویژه مصرف سولفات روی، علاوه بر بهبود کیفیت و خوش خوراکی، به غلظت ویتامین C تا حد ۲۰ درصد افزوده می‌گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). اثر متقابل منفی فسفر و روی در گیاهان مختلف، موضوعی شناخته شده است. زیادی هریک از این دو عنصر، جذب عنصر دیگر را به وسیله گیاه کاهش می‌دهد. کمبود روی معمولا در خاک‌های آهکی شایع است. نتایج مطالعات نشان داده است که روی جذب سطحی کربنات‌های کلسیم و منیزیم می‌شود و از حلالیت آن کاسته می‌شود. سولفات آبدار روی با ۲۴ درصد روی ($ZnSO_4.7H_20$) از

منابع کودی است که می‌توان هم به صورت محلول‌پاشی و هم به صورت مصرف در خاک استفاده نمود. چنان‌چه میزان روی در خاک کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، مصرف روی توصیه می‌شود. در صورت کمبود روی، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی قبل از کاشت یا حداقل دو بار محلول‌پاشی با سولفات روی به غلظت پنج در هزار توصیه می‌شود. علامت کمبود روی در شکل ۲۸ آورده شده است.

۵-۵-۷-٤-بور (B)

بور از جمله عناصری است که به راحتی نمی‌تواند از یک قسمت گیاه به قسمت‌های دیگر انتقال یابد و به این دلیل علائم کمبود معمولا ابتدا در ریشه‌ها و برگ‌های جوان ظاهر می‌شود. در مقطع ریشه، کمبود بور باعث قهوه‌ای شدن مغز ریشه می‌شود.

شکل ۲۸- علایم کمبود روی در سیر

سطح ریشه‌های مبتلا به کمبود چروکیده و ترک‌دار می‌شود. مقادیر لازم بور و میزانی که باعث سمیت برای گیاه می‌شود، خیلی به یکدیگر نزدیک هستند و کودهای حاوی بور باید با احتیاط و دقت بیشتری نسبت به سایر کودها مصرف شود. چنانچه بور در خاک به میزان کم موجود باشد (کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) باید دو یا سه بار محلول‌پاشی با منابع بور قابل حل در آب صورت گیرد. برای این منظور، می‌توان از اسید بوریک به غلظت پنج در هزار استفاده نمود. این کود دارای ۱۷ درصد بور (B) است.

اسید بوریک در خاک نیز به راحتی به صورت محلول در آمده و جذب گیاه می‌شود. اسید بوریک را می‌توان از طریق آب آبیاری نیز در اختیار گیاه قرار داد.

۵-۵-۷-۵-منگنز (Mn)

هر عاملی که باعث کاهش فتوسنتز در گیاه گردد به تجمع نیترات داخل گیاه می‌انجامد. منگنز نقش مهمی در فتوسنتز دارد. منگنز جهت فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن و تشکیل سایر ترکیباتی که برای متابولیسم گیاه لازم‌اند، ضروری است. بنابراین حفظ غلظت مناسبی از منگنز در خاک برای رشد و نمو سیر الزامی است. کلروز بین رگبرگی نشانه بارز کمبود منگنز است. در شرایط کمبود شدید منگنز، نقاط قهوه‌ای روی برگ‌ها ظاهر شده ودر نهایت باعث افتادن برگ‌های نارس می‌شود (شکل ۲۹). کوتاه شدن فاصله میان گره‌ها نیز از دیگر علائم کمبود است. کمبود منگنز بیشتر در خاک‌هایی با pH بالا و خاک‌های شنی با دمای کم دیده می‌شود. کمبود منگنز یکی از شایع‌ترین کمبود عناصر کم‌مصرف در سیر می‌باشد. جدول (۱۰)، مقادیر توصیه منگنز را برای سیر، بر اساس میزان منگنز قابل جذب خاک و pH نشان می‌دهد (سیلسپور و ملکوتی، ۱۳۸۴). منابع رایج منگنز شامل سولفات منگنز، ترکیبات کلاته و اکسید منگنز می‌باشند. پخش سطحی کودهای حاوی منگنز به‌هیچ وجه توصیه نمی‌شود، چرا که به سرعت توسط خاک تثبیت می‌شود. مصرف منگنز، به صورت محلول‌پاشی با غلظت پنج در هزار دو بار در طول دوره رشد، توصیه می‌شود.

۵-۵-۷-۶-مولیبدن (Mo)

اغلب گیاهان به کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم از این عنصر نیاز دارند (کمترین غلظت بین عناصر ضروری). مولیبدن بصورت آنیون مولیبدات (MoO_4^{-2}) جذب گیاه شده و وجود آن برای احیاء نیترات در گیاهان غیر از خانواده لگومینوز الزامی است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). مولیبدن به عنوان یک عنصرهمواره متحرک شناخته می‌شود، به‌طوری‌که هم در آوند چوبی و هم در آوند آبکش به آسانی منتقل می‌شود. مولیبدن جزء آنزیم نیترات رداکتاز می‌باشد، مولیبدن در جذب و انتقال آهن در گیاهان نقش اساسی دارد.

مولیبدن تأثیر به‌سزایی در تشکیل گرده دارد. این عنصر هم‌چنین برای تبدیل فسفر معدنی به فرم آلی در گیاهان ضروری است. متابولیسم نیتروژن،گوگرد و سنتز پروتئین تحت تأثیر مولیبدن قرار می‌گیرد. در شرایط کمبود مولیبدن تشکیل میوه و دانه با مشکل مواجه می‌شود و تجمع نیترات در سبزی‌ها اتفاق می‌افتد (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۳).

جدول ۱۰- مقادیر توصیه منگنز (منگنز خالص بر اساس کیلوگرم در هکتار) بر اساس میزان منگنز قابل جذب خاک و pH (سیلسپور و ملکوتی، ۱۳۸٤)

منگنز قابل جذب خاک (mg/kg)	واکنش خاک							
٦/٢	٦/٤	٦/٦	٦/٨	٧		٧/٢		٧/٤
٢	٢		٣	٤	٥	٧	٨	٩
٤	١		٢	٣	٥	٦	٧	٨
٨	٠		١	٢	٣	٥	٦	٧
١٢	٠		٠	١	٢	٣	٤	٦
١٦	٠		٠	٠	١	٢	٣	٤
٢٠	٠		٠	٠	٠	٠	٢	٣
٢٤	٠		٠	٠	٠	٠	٠	١

شکل ۲۹- علایم کمبود منگنز در سیر

۵-۵-۷-۷-توصیه عمومی مصرف عناصر کم‌مصرف

مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف بر مبنای آزمون خاک و برخی از خصوصیات خاک مثل pH می‌باشد. با این حال، چنان‌چه غلظت عناصر کم‌مصرف، کمتر از حدود بحرانی باشد، روش کار عمومی ذیل پیشنهاد می‌گردد (جدول ۱۱) (سیلسپور و ملکوتی، ۱۳۸۴).

۵-۵-۸-سلنیوم (Se)

سلنیوم عنصری شبه‌فلز و در گروه ششم جدول تناوبی پس از گوگرد قرار دارد و به علت نزدیکی به عنصر گوگرد گاهی رفتاری همسان با این عنصر را نشان می‌دهد (فریمن و همکاران[1]، ۲۰۰۶). برهمکنش سلنیوم وگوگرد به گونه‌ای است که استفاده از گوگرد در حضور سلنیوم منجر به کاهش سمیت سلنیوم شده و رشد گیاه را افزایش می‌دهد (کاپسل و راندل[2]، ۱۹۹۷). به طوری که کاربرد کودهای گوگردی منجر به افزایش خطی رشد، قطر و وزن خشک سوخ شده است (ابی و همکاران[3]، ۲۰۰۲). فرم کانی سلنیوم به دو صورت سدیم سلنات و سدیم سلنیت است که در گیاه سیر برهمکنش گوگرد با عنصرهای سلنات و سلنیت در محیط هیدروپونیک منجر به کاهش جذب سلنات شده است (تسیونشی و همکاران[4]، ۲۰۰۶). بررسی‌ها مؤید این است که سلنیوم بخش مهمی از ساختار آنزیم‌هایی است که از یاخته‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند به طوری که با در پیازی‌ها می‌تواند متصل شدن به ساختار پروتئین‌ها از بافت‌ها و غشاها در برابر آسیب اکسایشی(اکسیداتیو) محافظت می‌کنند (تسیونشی و همکاران، ۲۰۰۶؛ تری و همکاران[5]، ۲۰۰۰).

1. Freeman et al.
2. Kopsell and Randle
3. Abbey et al.
4. Tsuneyoshi et al.
5. Terry et al.

جدول ۱۱- روش کاربرد عناصر کم‌مصرف در زراعت سیر (سیلسپور و ملکوتی، ۱۳۸٤)

عنصر	توصیه کودی	شرایطی که کمبود رخ می‌دهد
روی (**Zn**)	مصرف خاکی: ۲۰ الی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی یا یک تا دو کیلوگرم در هکتار کلات روی محلول‌پاشی: یک کیلوگرم روی خالص از منبع سولفات روی در هکتار،دو بار محلول‌پاشی	- کمی مواد آلی - pH بیشتر از ۷/۵ - فسفر خیلی زیاد - محدودیت رشد ریشه - خاک‌های شنی - زهکشی ضعیف
منگنز (**Mn**)	مصرف خاکی: ۲۰ الی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز یا نیم تا یک کیلوگرم در هکتار کلات منگنز محلول‌پاشی: یک تا سه کیلوگرم منگنز خالص از منبع سولفات منگنز در هکتار، دو بار محلول‌پاشی	pH بیشتر از ۷/۵ محدودیت رشد ریشه خاک‌های شنی زهکشی ضعیف
بور (**B**)	مصرف خاکی: یک تا پنج کیلوگرم در هکتار اسید بوریک همراه با آب آبیاری: یک تا پنج کیلوگرم در هکتار اسید بوریک	کمی مواد آلی pH بیشتر از ۷/۴ تنش‌های خشکی
مس (**Cu**)	مصرف خاکی: ۱۵ الی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات مس مصرف نواری: چهارتا۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات مس محلول‌پاشی: یک کیلوگرم در هکتار سولفات مس، دو بار محلول‌پاشی	-خاک‌های شنی خاک‌های آلی خاک‌های آلی با pH اسیدی خاک‌های آهکی
آهن (**Fe**)	مصرف خاکی: ۱۰ الی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن یا نیم کیلوگرم در هکتار کلات مصرف نواری: پنج تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن محلول‌پاشی: پنج کیلوگرم در هکتار سولفات آهن ، دو بار محلول‌پاشی	pH بیشتر از ۷/۴ زهکشی ضعیف خاک‌های آهکی

ترکیب سلنومتیل سیستئین انباشته شده در پیازی‌ها می‌تواند به متیل سلنول که در برابر سرطان نقش محافظتی دارد تبدیل شود (وانگر[1]، ۲۰۰۴). سلنیوم یک عنصر ریزمغذی با خواص آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدمیکروبی است که برای سلامت انسان و حیوانات ضروری می‌باشد، در حالی که برای گیاهان عالی ضروری شناخته نشده است. با این حال تحقیقات نشان داده‌اند که افزودن کودهای سلنیوم‌دار به خاک باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد. در سال‌های اخیر نتایج تحقیقات نشان داده است که سلنیوم موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی برخی گیاهان شده و مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد. از آنجایی‌که سلنیوم می‌تواند جایگزین گوگرد شود (پراکاش و همکاران[2]، ۲۰۰۷) به‌نظر می‌رسد سطوح مختلف نیتروژن می‌تواند در جذب آن تأثیرگذار باشد. همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که سلنیوم می‌تواند قابلیت دسترسی سایر عناصر مورد نیاز گیاه را در محیط خاک، در محیط ریشه و نیز سلول‌های گیاهی تحت تأثیر خود قرار دهد، همچنین غلظت‌های پائین سلنیوم اثرات سودمندی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی دارد و جذب برخی یون‌ها را تنظیم می‌کند (هیومفوریس[3]، ۱۹۵۶).

دریک پژوهش، تاثیر منابع و سطوح مختلف سلنیوم بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی پیاز در شرایط کشت بدون خاک مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل چهار غلظت نانوسلنیوم (دو، پنج، ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) سه غلظت سلنات سدیم (دو، چهار وهشت میلی‌گرم بر لیتر) و سه غلظت سلنیت سدیم (یک، دو و پنج میلی‌گرم بر لیتر) بودند که هر کدام به طور جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شدند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف نانوسلنیوم، سلنیت سدیم و سلنات سدیم اثر معنی‌داری بر وزن تر برگ، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر ساقه

1. Whanger
2. Prakash et al.
3. Humphries

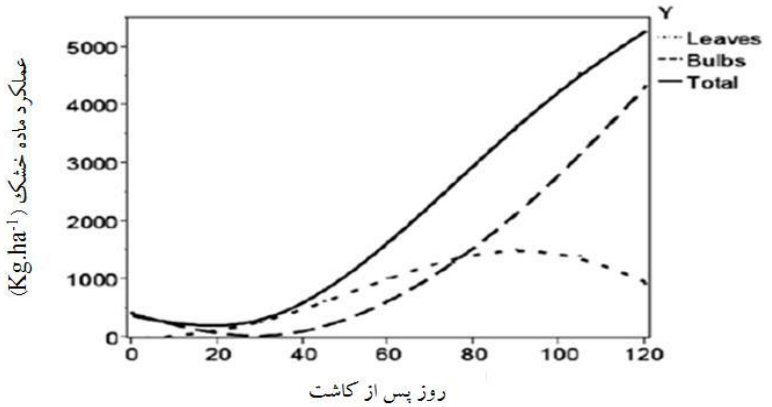
مجازی گیاه پیاز و نیز بر وزن ترسوخ، قطر سوخ و طول سوخ دارند. سطوح مختلف سلنیت سدیم و سلنات سدیم اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ و سلنیوم کل سوخ داشتند. بیشترین میزان کلروفیل برگ در سطوح پائین سلنیت سدیم و سلنات سدیم مشاهده شد که با افزایش غلظت سلنیوم در محلول غذایی میزان کلروفیل برگ پیاز نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. میزان سلنیوم کل سوخ با افزایش غلظت سلنیت سدیم و سلنات سدیم در محلول غذایی افزایش یافت، البته این افزایش در گیاهان تیمار شده با سلنات سدیم بیشتر از گیاهان تیمار شده با سلنیت سدیم بود (عامریان و همکاران، ۱۳۹۳).

بذل و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر سطوح مختلف گوگرد (۳۲، ۶۴ و ۱۲۸میلی‌گرم در لیتر سولفات) و سلنیوم (صفر، یک و دومیلی‌گرم در لیتر سلنات بر صفات رشدی و ویژگی‌های پاداکسندگی (آنتی اکسیدانی) پیاز قرمز آذرشهر درشرایط آبکشتی(هیدروپونیک) را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد بالاترین وزن تر و قطر سوخ در تیمار ۱۲۸میلی‌گرم در لیترسولفات در ترکیب با غلظت دو میلی‌گرم در لیتر سلنات مشاهده شد. بین افزایش سلنات و سولفات رابطهٔ مستقیم و مثبت با وزن تر و قطر سوخ به دست آمد. بیشترین درصد مادهٔ خشک سوخ در تیمار ۶۴ میلی‌گرم در لیتر سولفات در ترکیب با تیمار یک میلی‌گرم در لیتر سلنات به دست آمد. با افزایش غلظت سلنات در همهٔ سطوح سولفات، تجمع سلنیوم در سوخ بیشتر شد. افزایش سلنیوم سبب افزایش خاصیت پاداکسندگی، فنل و فلاونوئید بافت سوخ، در شماری از تیمارهای مورد آزمایش شد. هم‌چنین نتایج یک پژوهش دیگر مشخص نمود با افزایش غلظت سلنیوم در محلول غذایی میزان کلروفیل برگ پیاز (توده قرمز آذر شهر) کاهش یافته است (عامریان و همکاران، ۱۹۹۳).

۵-۵-۹-الگوی جذب عناصر غذایی

مطالعه دقیق رشد و توسعه گیاه و دانستن عواملی که بر پتانسیل عملکرد سیر تأثیر می‌گذارند، می‌تواند باعث بهبود تصمیم‌های مدیریتی گردد. تشخیص صحیح مراحل

رشد سیر در هر منطقه برای انجام اقدامات مهم مدیریتی در هر مرحله لازم و ضروری است. افزایش دقت در شرح و تشخیص مرحله رشد گیاه منجر به اصلاح و بهبود توصیه‌های مدیریتی مانند مصرف کود و مبارزه با آفات خواهد گردید. الگوی رشد گیاه سیر بر اساس تجمع ماده خشک در برگ و سوخ در طول دوره رشد گیاه در نمودار (۲) نشان داده شده است.



نمودار ۲- الگوی رشد گیاه سیر بر اساس تجمع ماده خشک در برگ ها (Leaves) و سوخ‌ها (Bulbs) و گیاه کامل (Total) در طول دوره رشد گیاه (تانگاسامی و چاوان[1]، ۲۰۱۷).

هرچند همه گیاهان به تعدادی از عناصر غذایی مشابه نیاز دارند، اما مقدار، نسبت و زمان جذب این عناصر با توجه به نوع گیاه، رقم، اقلیم، خصوصیات خاک و نحوه مدیریت متفاوت می‌باشد. ترکیب مجموعه این عوامل احتیاج‌های غذایی گیاه، ظرفیت عناصر غذایی و در نهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمان بندی مصرف کودها به نحوی که عناصر غذایی در طول دوره حداکثر جذب توسط گیاه، در دسترس آن قرار گیرند و به عبارتی تشخیص نیاز گیاه به مقادیر مختلف عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد، نه تنها کارایی مصرف عناصر غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه اثرات مخرب زیست محیطی کودها را نیز به حداقل می‌رساند. مصرف کود قبل از وقوع مرحله حداکثر نیاز گیاه، بسیار مهم و حیاتی می‌باشد که منجر به کاهش خطر

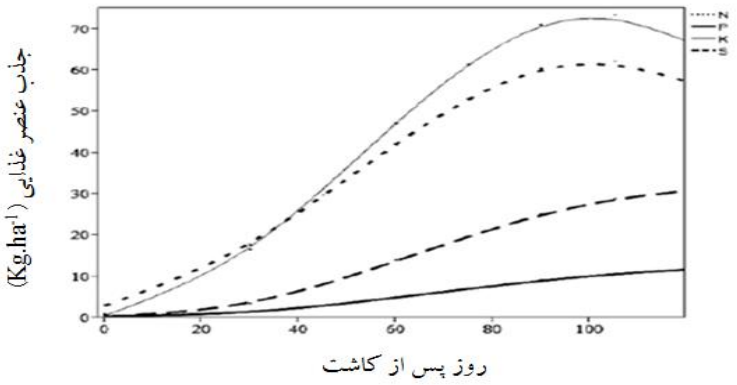
1. Thangasamy and Chavan

کمبود عناصر غذایی و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول می‌گردد. این نوع مدیریت هم‌چنین هدر رفت کود را کاهش داده، موجب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌گردد و یک راهبرد زیست محیطی مهم می‌باشد.

مهم‌ترین هدف یک برنامه کوددهی مؤثر این است که از دسترسی کافی نیتروژن، فسفر و سایر عناصر قابل جذب در مراحل مختلف رشد گیاه اطمینان حاصل شود، به طوری که هیچ محدودیتی در رشد گیاه و عملکرد آن توسط عناصر غذایی حاصل نگردد.

تشخیص مراحل مختلف رشد سیر و تعیین الگوی جذب عناصر غذایی مطابق با مراحل رشد، یکی از بهترین راه‌های مدیریت صحیح مصرف کودها در سیر است که در دست‌یابی به یک مدیریت صحیح بسیار حایز اهمیت می‌باشد. توجه به الگوی جذب عناصر غذایی بر اساس مراحل مختلف رشد به تعیین مقدار و زمان مصرف کود برای جلوگیری از بروز اثر کمبود عناصر کمک می‌نماید.

در نمودار (۳) میزان برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد از خاک طی یک دوره رشد توسط گیاه سیر نشان داده شده است (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷). بر اساس الگوی جذب عناصر غذایی، جذب کل نیتروژن و پتاسیم تا ۱۵ روز پس از کاشت به آرامی و پس از آن به سرعت افزایش می‌یابد.



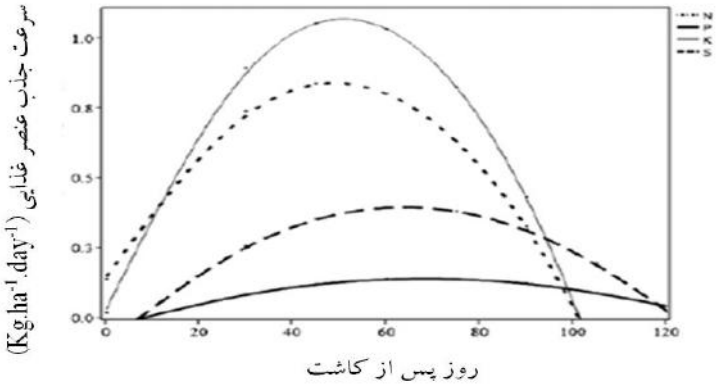
نمودار ۳- الگوی جذب عناصر غذایی در سیر در طول دوره رشد گیاه (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

حداکثر جذب نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در ۴۹ و ۵۰ روز پس از کاشت مشاهده شده است. جذب نیتروژن و پتاسیم روند مشابهی از الگوی تجمع ماده خشک در برگ را دنبال می‌کنند آلوا و همکاران[1] (۲۰۰۲) و بندر و همکاران[2] (۲۰۱۳) گزارش کرده‌اند که تجمع ماده خشک در برگ‌ها ارتباط نزدیکی با نیتروژن دارد. مجموع جذب نیتروژن و پتاسیم از کاشت تا ۷۵ روز پس از کاشت، ۸۴/۷ و ۸۴/۶ درصد از جذب کل را به خود اختصاص می‌دهد. ۱۵/۳ و ۱۵/۴ درصد کل جذب نیتروژن و پتاسیم از ۷۵ روز تا برداشت جذب می‌شوند (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷). الگوی جذب مشابهی در گندم توسط منگ و همکاران[3] (۲۰۱۳) و در برنج توسط یه و همکاران[4] (۲۰۱۴) مشاهده شده است.

بیشینه جذب نیتروژن و پتاسیم همزمان با مرحله فعال رشد رویشی می‌باشد و این نشان دهنده تقاضای بیشتر عناصر مزبور در این مرحله است. به عبارت دیگر کاربرد عناصر نیتروژن و پتاسیم پس از ۷۵ روز در افزایش راندمان مصرف این عناصر و عملکرد سیر تأثیر چندانی ندارد (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷). بندر و همکاران (۲۰۱۳) گزارش داده‌اند که زمان خاص جذب مواد مغذی با مراحل کلیدی رشد مرتبط است. در مورد فسفر و گوگرد، جذب کل فسفر و گوگرد تا ۲۰ روز پس از کاشت به آرامی و پس از آن به سرعت افزایش می‌یابد (نمودار ۴). حداکثر میزان جذب کل فسفر و گوگرد به ترتیب در ۷۰ و ۶۴ روز پس از کاشت روی می‌دهد. برخلاف نیتروژن و فسفر، جذب فسفر و گوگرد از الگوی تجمع کل ماده خشک پیروی نمی‌کند. میزان جذب فسفر و گوگرد در سوخ سیر تا زمان برداشت (۱۲۰ روز پس از کاشت) افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که جذب کل فسفر و گوگرد به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار در روز می‌رسد. این می‌تواند به دلیل انتقال مجدد فسفر و گوگرد انباشته شده در برگ‌ها به سوخ‌ها در مرحله بلوغ به دلیل تحرک زیاد آنها در آبکش باشد (بندر و همکاران، ۲۰۱۳). جذب فسفر و گوگرد تا ۷۵ روز پس از کاشت به ترتیب ۵۹/۵ و ۶۳/۷ درصد جذب کل را به خود

1. Alva et al.
2. Bender et al.
3. Meng et al.
4. Ye et al.

اختصاص می‌دهد. مقدار باقی‌مانده این عناصر بین ۷۵ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت جذب می‌شود. بیشینه جذب فسفر و گوگرد همزمان با مراحل شروع تشکیل و توسعه سوخ سیر است (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷). سالیوان و همکاران[1] (۲۰۰۱) گزارش کردند که این مواد مغذی برای شروع و توسعه سوخ ضروری هستند.

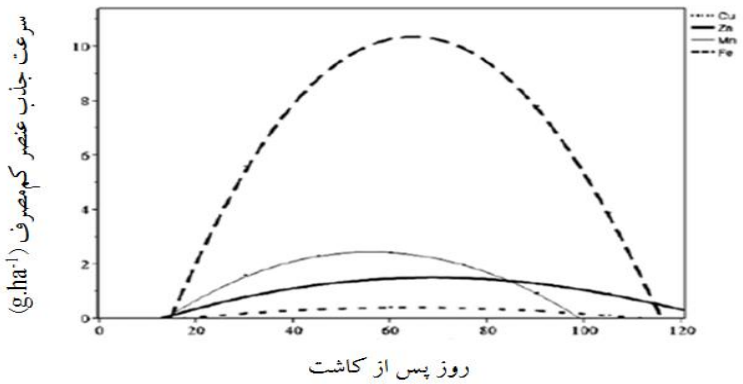


نمودار ٤- سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف در سیر (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷)

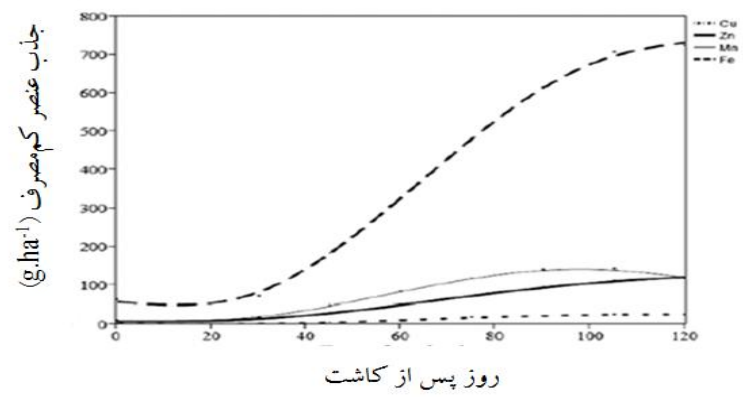
در مورد عناصر کم‌مصرف، از زمان کاشت سیر تا ۲۰ روز پس از کاشت جذب عناصر کم‌مصرف به آرامی صورت گرفته و پس از آن به سرعت افزایش پیدا می‌کند (نمودار ۵ و ۶). بیشینه جذب و میزان روی، آهن و مس در ۶۴ تا ۶۵ روز پس از کاشت مشاهده شده است. درحالی‌که، حداکثر جذب منگنز ۵۷ روز پس از کاشت رخ می‌دهد.

میزان جذب کلی این عناصر غذایی ۱۲۰ روز پس از کاشت مقدار منفی را نشان می‌دهد. الگوی جذب عناصر ریز مغذی روند مشابهی را مانند روند تجمع کل ماده خشک دنبال می‌کند. برخلاف جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد میزان جذب عناصر ریز-مغذی در سوخ‌ها و میزان جذب کل در مراحل رسیدگی کاهش پیدا می‌کند. دلیل این موضوع کم تحرکی این عناصر غذایی در فلوئم است و بنابراین نمی‌تواند آنها را از برگ به سوخ انتقال دهد نتایج مشابهی نیز در ذرت تراریخته و سویا (بندر و همکاران، ۲۰۱۳) گزارش شده است.

1. Sullivan et al.



نمودار۵- سرعت جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در سیر (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).



نمودار ٦-روند جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در سیر (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

الگوی جذب عناصر ریزمغذی نشان دهنده آن است که تأمین این عناصر غذایی در فصل طولانی رشد سیر برای تولید عملکرد بالای سیر مورد نیاز هستند. مشابه فسفر و گوگرد جذب کل روی، آهن و مس ۷۵ روز پس از کاشت به ترتیب ۶۴/۰، ۶۵/۷ و ۶۶/۷ درصد جذب کل را به خود اختصاص داده و مقدار باقیمانده از جذب کل آنها بعد از ۷۵ روز پس از کاشت جذب (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

میزان جذب بیشینه عناصر ریزمغذی با مراحل شروع تشکیل و توسعه سوخ همزمان بوده و نشان می‌دهد که این عناصر برای این مرحله ضروری هستند. درحالی‌که منگنز

روند مشابه الگوی جذب نیتروژن و پتاسیم را دنبال می‌کند. محصول سیر ۸۲/۴ درصد از زیست‌توده کل را در سوخ‌ها و ۱۷/۶ درصد از زیست‌توده کل را در برگ‌ها انباشته می‌کند (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- جذب عناصر غذایی در برگ و سوخ و شاخص برداشت در سیر (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

عنصر غذایی / ماده خشک	جذب عنصر غذایی / ماده خشک			شاخص برداشت
	برگ	سوخ	کل	(درصد)
عملکرد ماده خشک ($Kg.ha^{-1}$)	۹۲۳/۰	۴۳۲۹/۰	۵۲۵۳/۰	۸۲/۴
نیتروژن ($Kg.ha^{-1}$)	۱۶/۰	۴۰/۲	۵۶/۲	۷۱/۵
فسفر ($Kg.ha^{-1}$)	۲/۱	۱۱/۴	۱۳/۵	۸۴/۲
پتاسیم ($Kg.ha^{-1}$)	۲۳/۴	۴۲/۴	۶۵/۸	۶۴/۴
گوگرد ($Kg.ha^{-1}$)	۱/۹	۲۸/۷	۳۰/۶	۹۳/۸
روی ($g.ha^{-1}$)	۱۷/۷	۹۲/۷	۱۱۰/۳	۸۴/۰
منگنز ($g.ha^{-1}$)	۴۵/۵	۷۱/۳	۱۱۶/۹	۶۱/۱
آهن ($g.ha^{-1}$)	۹۳/۹	۶۳۱/۰	۷۲۴/۹	۸۷/۰
مس ($g.ha^{-1}$)	۳/۹	۲۲/۲	۶۲/۲	۸۴/۹

گیاه سیر ۵۶/۳ کیلوگرم نیتروژن ، ۱۳/۵ کیلوگرم فسفر، ۶۵/۸ کیلوگرم پتاسیم، ۳۰/۶ کیلوگرم گوگرد، ۱۱۰/۳ گرم روی، ۱۱۶/۹ گرم منگنز ، ۷۲۴/۹ گرم آهن و ۲۶/۲ گرم مس را برای تولید ۶/۷ تن سوخ سیر در هکتار برداشت می‌کند. جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد در سوخ‌ها به ترتیب ۷۱/۵ ، ۸۴/۲، ۶۴/۴ و ۹۳/۸ درصد از جذب کل را به خود اختصاص می‌دهند. گیاهان ۸۷/۰ درصد آهن، ۸۴/۹ درصد مس، ۸۴/۰ درصد روی و و ۶۱/۱ درصد منگنز را در سوخ انباشته می‌کنند (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷). به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود عناصر غذایی منتقل شده به بخش اقتصادی محصول (سوخ) در مقایسه با برگ بیشترند. در بین عناصر غذایی مختلف مورد تجزیه، بیش از ۸۰ درصد از

عناصر غذایی به‌جز پتاسیم و منگنز در سوخ‌ها انباشته می‌شوند. غلظت پتاسیم و منگنز در برگ نسبت به سوخ بیشتر است. نتایج مشابهی در محصول سویا (بندر و همکاران، ۲۰۱۳) نیز مشاهده شده است. برای حفظ سلامتی و بهره‌وری خاک، عناصر غذایی برداشت شده در سوخ‌ها باید بوسیله کودهای شیمیایی و آلی جایگزین شود، درحالی‌که، عناصر غذایی انباشته شده در قسمت اندام هوایی را می‌توان از طریق بازگرداندن آنها به زمین دوباره بازیافت کرد (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

بر اساس الگوی جذب عناصر غذایی تقاضای گیاه به عناصر نیتروژن و پتاسیم در مرحله رشد فعال رویشی (۱۵ تا ۷۵ روز پس از کاشت) بیشتر است. در حالی‌که حداکثر تقاضای گیاه به عناصر فسفر و گوگرد با مراحل شروع تشکیل و توسعه سوخ هم‌زمان است. درصورتی‌که کشاورزان مقدار زیادی از کودهای محتوی عناصر پرمصرف شامل ۲۵ تا ۵۰ درصد نیتروژن و مقدار کامل عناصر فسفر، پتاسیم و گوگرد را در زمان کاشت مصرف می‌نمایند. کاربرد مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی در زمان کاشت موجب خارج شدن عناصر غذایی از ناحیه ریشه توسط آب آبیاری می‌شود، درحالی‌که کاربرد کودهای شیمیایی در مرحله بلوغ (۷۵ روز پس از کاشت) تأثیر کمی در افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و عملکرد دارد. به‌طورکلی کاربرد کودهای شیمیایی باید هم‌زمان با مرحله جذب سریع عناصر غذایی برای افزایش عملکرد و راندمان مصرف عناصر غذایی باشد. با توجه به کم تحرکی عناصر ریزمغذی موجود در آوند آبکش، تأمین ریزمغذی‌های فصلی برای بهبود عملکرد و کیفیت سوخ‌ها ضروری است. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس الگوی جذب عناصر غذایی فرصتی برای بهینه‌سازی برنامه-ریزی کود برای افزایش بهره‌وری مصرف عناصر غذایی و عملکرد سوخ را فراهم می‌کند (تانگاسامی و چاوان، ۲۰۱۷).

۵-٦-اصول آبیاری

اصول اساسی برای تامین نیاز آبی محصولات زراعی از جمله پیاز و سیر بوسیله آلن و همکاران[1] (۱۹۹۸) تشریح شده است. تعرق اساسا یک پدیده فیزیکی بوده که شامل تبخیر آب از سطوح مرطوب درون برگ به اتمسفر از طریق روزنه‌های اپیدرم می‌باشد. در شرایط مزرعه تبخیر مستقیم از خاک مرطوب به اتمسفر نیز اتفاق افتاده و به‌خصوص هنگامی که برگ‌ها نمی‌توانند قسمت اعظم سطح خاک، را برای مثال هنگامی که گیاهچه بعد از خروج از خاک کوچک است، بپوشانند مهم می‌باشد. تبخیر آب نیاز به انرژی زیادی دارد که از انرژی خورشید یا به‌طور مستقیم به‌صورت انرژی تابشی یا به شکل غیر مستقیم، به شکل گرمای محسوس، تامین می‌شود. بنابراین تبخیر و تعرق تحت تاثیر تبادل انرژی بوده و بوسیله مقدار انرژی قابل دسترس محدود می‌شود.

۵-٦-۱-اثر تنش آب بر تبخیر و تعرق

با خشک شدن خاک، آب در خاک آزادی کمتری برای حرکت داشته و به‌طور شدید به‌وسیله ذرات خاک جذب می‌شود. وقتی میزان آب خاک از مقدار معینی کمتر شده است آب نمی‌تواند توسط ریشه‌ها جذب شود تا حداکثر تبخیر و تعرق پتانسیل(ET_c) صورت گیرد و در این شرایط محصول تحت تنش کم‌آبی قرار گرفته است، مقدار کل آب قابل دسترس(TAW)[2] برای یک محصول بستگی به عمق ریشه و حجم آب موجود بین ظرفیت مزرعه و ضریب پژمردگی در هر واحد حجم خاک دارد، که بین ۵۰ میلی‌متر برای شن درشت تا ۲۰۰ میلی‌متر به ازای یک متر ستون خاک برای لای یا رس متغیر است. مقداری از آب قابل دسترس که گیاه می‌تواند بدون هیچ‌گونه محدودیتی در میزان تعرق از خاک جذب کند آب سهل‌الوصول (RAW)[3] گفته می‌شود.

معادله $$AW=D.TAW$$

1. Allen et al.
2. Total Available Water
3.Readily Available Water

بنابراین D معرف بخشی از کل آب قابل دسترس است که قبل از وقوع تنش کم‌آبی، می‌تواند توسط گیاه جذب شود. عمق ریشه و مقدار D در سیر در مقایسه با سایر محصولات پائین می‌باشد که دلیل آن سطحی بودن ریشه سیر و طول کم ریشه در هرحجم خاک می‌باشد. D بستگی به میزان پتانسیل تبخیر و تعرق محصول (ET_c) دارد. D با افزایش ET_c کاهش و با کاهش ET_c افزایش می‌یابد.

۵-٦-۲-آبیاری سیر

در ارتباط با مقدار آب مورد نیاز و مدیریت آبیاری سیر منابع مطالعاتی کمی موجود است (هونسون و همکاران[1]، ۲۰۰۲). مدیریت آبیاری سیر و حساسیت آن به تنش رطوبتی نشان می‌دهد که کمبود رطوبت خاک در هر دوره، به ویژه در طول دوره تشکیل سوخ، عملکرد را کاهش می‌دهد. از طرفی آبیاری در زمان برداشت سیر بهتر است قطع شود، زیرا این عمل موجب سهولت عملیات برداشت و کاهش سیاه شدن پوسته بیرونی سوخ-های سیر می‌شود (بودنار و همکاران[2]، ۱۹۹۰). قطع آبیاری سیر هم‌زمان با رسیدن فیزیولوژیکی سوخ‌ها، تشکیل سیرچه‌ها و زرد شدن برگ‌های پایینی یا برگ‌های خارجی است (هانان و سورنسن[3]، ۲۰۰۲؛ کارایه و یاکوبو[4]، ۲۰۰۶). بهترین عملکرد زمانی به دست می‌آید که رطوبت خاک در سراسر فصل زراعی نزدیک به ظرفیت مزرعه باشد. هم‌چنین قطع آبیاری قبل از برداشت، مانع از پوسیدگی ریشه، تغییر رنگ پوسته‌ی سوخ‌های سیر و نیز جدا شدن پوسته خارجی و نمایان شدن سیرچه‌ها می‌شود (بروستر و رابینوویچ، ۱۹۹۰).

مقدار آب مورد استفاده بستگی به نوع خاک دارد. در سیر آبیاری کافی باید صورت گیرد به طوری که ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس نباید به زیر ۵۰ درصد برسد (جری[5]، ۲۰۱۱). بحرانی‌ترین مرحله برای آبیاری در هنگام سوخ‌دهی است. عدم آبیاری یا

1. Honson et al.
2. Bodnar et al
3. Hannan and Sorensen
4. Karaye and Yakubu
5. Jerry

بارندگی در این مرحله منجر به سوخ‌های کوچک‌تر و بلوغ زودرس خواهد شد. آبیاری باید حدود دو هفته قبل از برداشت متوقف شود تا از بیماری‌های سوخ جلوگیری شود (جری، ۲۰۱۱). سیر به خشکی حساس است و رطوبت مناسب برای رشد آن ضروری است. تنش رطوبتی، رشد اولیه و ازدیاد سیرچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث می‌شود به هنگام برداشت سیرچه‌های کوچک تولید شوند، از این‌رو لازم است بعد از اتمام کشت، بلافاصله آبیاری انجام گیرد. آبیاری‌های بعدی تا زمان شروع توسعه سوخ بسته به شرایط اقلیمی در فواصل ۱۰ تا ۱۵ روزه انجام می‌شود. بعد از زمان شروع توسعه سوخ، فواصل آبیاری باید کمتر شود. برای تولید حداکثر محصول، نباید در فصل رشد کمبود رطوبت وجود داشته باشد (رای و یاداو[1]، ۲۰۰۵).

۵-۶-۳-روش‌های آبیاری

برای آبیاری مزرعه سیر می‌توان از روش‌های مختلف آبیاری کلاسیک و سیستم نوار تیپ استفاده کرد. بهترین نوع آبیاری برای محصول سیر، سیستم نوار تیپ است و درصورت نداشتن این نوع سیستم‌ها، آبیاری به روش جوی و پشته انجام شود که در این روش، زمین باید با توجه به نوع خاک و شیب زمین کرت‌بندی شود. تعداد آبیاری‌های محصول سیر در مناطق جنوبی کشور از اسفندماه تا زمان برداشت بسته به نوع آب و هوا و جنس خاک بین پنج تا هفت نوبت می‌باشد.

۵-۶-۳-۱-آبیاری قطره‌ای

برای استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در زراعت سیر توصیه می‌شود که کشت به‌صورت مسطح انجام شود (شکل ۳۰).

در جدول ۱۳ فواصل مناسب نوارهای آبیاری قطره‌ای و ردیف‌های کشت در زراعت سیر ذکر شده است. در این روش آبیاری نیز می‌توان فاصله بین ردیف‌های کشت را ۱۰

1. Rai and Yadav

یا ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفت. در این حالت می‌توان فواصل نوارهای آبیاری قطره‌ای را ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر منظور کرد.

شکل ۳۰- نمایی از آبیاری قطره‌ای نواری در مزرعه

جدول ۱۳- فواصل مناسب نوارهای آبیاری قطره‌ای و ردیف‌های کشت در زراعت سیر (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷)

فاصله بین ردیف‌های کشت (سانتی‌متر)	۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر
فواصل نوارهای آبیاری قطره‌ای (سانتی‌متر)	۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر

بر اساس نتایج تحقیقی که انجام شد، اگر نوارهای آبیاری قطره‌ای به فاصله ۵۰ سانتی‌متر در زراعت سیر استفاده شود و هر نوار آبیاری به دو ردیف کشت که به فاصله ۱۰ سانتی‌متری از نوارهای آبیاری قطره‌ای قرار گرفته‌اند اختصاص یابد، فاصله هشت سانتی‌متری سیرچه‌ها روی ردیف‌های کشت نسبت به فاصله ۱۲ سانتی‌متری عملکرد بیشتر و در نتیجه بهره‌وری مصرف آب بیشتری را به همراه خواهد داشت. در جدول (۱۴) فاصله سیرچه‌ها و عمق مناسب کشت سیر را مشاهده می‌کنید. در نظر داشته باشید که سیرچه باید طوری در خاک قرار گیرد که نوک سیر به سمت بالا و انتهای سیرچه به سمت پایین قرار گیرد.

جدول ١٤- فاصله سیرچه‌ها و عمق مناسب کشت سیر
(قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷)

فاصله سیرچه‌ها بر روی ردیف‌های کشت (سانتی‌متر)	پنج تا ۱۰ سانتی‌متر
عمق مناسب کشت سیر (سانتی‌متر)	پنج تا هفت سانتی‌متر

۵-٦-۳-۲-کود آبیاری

روش کوددهی نقش اساسی در کارآیی مصرف کود و میزان عملکرد محصول دارد. بهره‌وری مصرف آب تحت تأثیر عملکرد و مقدار آب مصرفی است. با مصرف بهینه کود می‌توان در کنار افزایش کارآیی مصرف کود، عملکرد و بهره‌وری آب را بهبود بخشید. کشاورزان کودهای شیمیایی را کمابیش به روش پخش سطحی مصرف می‌کنند، به این دلیل کارآیی مصرف کود، عملکرد و بهره‌وری آب پایین است. استفاده مؤثر و بهینه از انواع کود و سموم شیمیایی از مهم‌ترین مزایای سیستم‌های آبیاری قطره-ای است. مصرف دقیق و مناسب کودها در این سیستم (کود آبیاری) باعث کاهش تلفات کود و افزایش میزان عملکرد محصول سیر می‌شود. معمولا تزریق کودهای محلول در آب، توسط تانک کود، سیستم ونتوری یا پمپ صورت می‌گیرد. در طرح-های کوچک، استفاده از سیستم ونتوری ساده‌ترین وسیله است. در ونتوری که داخل لوله آبیاری قرار داده می‌شود، سرعت آب در قسمت تنگ‌شده زیاد و از فشار آب کاسته و کاهش فشار باعث می‌شود محلول کود از طریق ونتوری به سیستم تزریق شود (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷)

۵-٦-۳-۳-روش‌های آبیاری و آزمایشات

در آغاز دهه ۱۹۹۰ پیاز و سیر به روش قطره‌ای (با لوله‌های پلاستیکی) که آب و اغلب کودهای محلول (نیتروژن و در بعضی مواقع نیتروژن و پتاسیم) را برای گیاه فراهم می‌کنند که به آن کود آبیاری گفته می‌شود، کشت شدند. سیر عملکرد ۳۰ الی ۴۰ تن در هکتار در شرایط کود آبیاری در مکزیکوسیتی تولید نمود که سه برابر عملکرد قبلی آن بود و

سوخ‌های درشت تولید شده ضرورت بررسی مجدد برای تعیین بهترین تراکم بوته و اندازه سیرچه برای کشت را ایجاب نمودند (کاستلانوز و همکاران ،۲۰۰۴).

در روش آبیاری قطره‌ای، لوله‌ها ممکن است روی سطح خاک یا در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک قرار گیرند. در این سیستم که بوسیله شوک و همکاران[1] (۲۰۰۴) تشریح شد لوله در عمق ۱۳ سانتی‌متری بین دو خط کاشت با فاصله ۰/۵۶ متر روی بسترهایی با عرض ۱/۱ متر نصب شدند. روی لوله‌ها فاصله سوراخ‌های خروج آب ۳۰ سانتی‌متر و سرعت جریان ۰/۵ لیتر در ساعت بود. به جز نیتروژن، مقدار کودهای دیگر بر اساس نتایج تجزیه خاک مشخص و قبل از تهیه بستر، با خاک سیلتی لومی مخلوط شدند. کود نیتروژنه از طریق آبیاری قطره‌ای به‌فرم نیترات آمونیوم- اوره در پنج نوبت با فاصله ۱۰ روز در دوره رشد برگ مصرف گردید. پتانسیل آب خاک به‌وسیله حسگرهایی در ۲۰ سانتی‌متری زیر ردیف‌های کاشت اندازه‌گیری شد، متوسط پتانسیل آب خاک به‌وسیله حسگرهایی در هر ساعت پایش گردید و اگر پتانسیل به زیر ۲۰- کیلو پاسکال می‌رسید، آبیاری با ۱۵ میلی‌متر انجام می‌شد. با استفاده از این سیستم پتانسیل آب خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متری تقریبا در حدود ۲۰- کیلو پاسکال حفظ گردید و مقدار کل آب آبیاری و بارندگی، میزان تبخیر و تعرق محاسبه شده گیاه با استفاده از فرمول تعدیل شده پنمن- مونتیث را تامین نمود.

محاسبه تبخیر و تعرق محصول (ET_C) با استفاده از معادله تعدیل شده پنمن- مونتیث یک معیار قابل اطمینان برای طراحی برنامه آبیاری می‌باشد. مطالعات مشخص نموده‌اند که عملکرد معمولا با افزایش آبیاری تا ۱۰۰ درصد میزان تبخیر و تعرق محصول (شوک و همکاران، ۲۰۰۰؛ ال جمال و همکاران[2]، ۲۰۰۱) یا حتی ۱۲۰ درصد تبخیر و تعرق محصول (مارتین دی سانتا الالا و همکاران[3]، ۱۹۹۴) افزایش خواهد یافت.

1. Shock et al.
2. Al-Jamal et al.
3. Martin de Santa Olalla et al.

به‌طورمعمول به نظر می‌رسد که آبیاری قطره‌ای بازدهی بیشتری در استفاده از آب در مقایسه با آبیاری بارانی و آبیاری نشتی دارد و راندمان آبیاری نشتی در مزرعه بسیار کمتر از کرت‌های آزمایشی است. در آبیاری نشتی احتمال مرطوب شدن زمین پوشیده نشده بوسیله برگ‌ها حداکثر و در آبیاری قطره‌ای که لوله‌ها زیر خاک قرار دارند حداقل است و این موضوع، دلیل اختلاف عملکرد تولیدی به ازای آب مصرفی در این دو روش می‌باشد. روش آبیاری مناسب برای بسیاری از گیاهان در حفظ محتویات آب و مواد غذایی منطقه ریشه، سبب رشد و عملکرد مناسبی از محصول می‌شود. مطالعات انجام شده توسط شارماسارکر[1] (۲۰۰۱) در خصوص کارآیی مصرف آب و کود در دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای با مصرف آب و کود کمتر، از عملکرد یکسان با آبیاری جویچه‌ای برخوردار است. آبیاری قطره‌ای علاوه بر افزایش کارایی، مزایای دیگری نسبت به سیستم‌های آبیاری ثقلی دارد. بهبود مدیریت مواد مغذی (اوانز و والر[2]، ۲۰۰۷)، بهبود عملکرد و کیفیت محصول، رشد محدود علف‌های هرز و توانایی ادامه عملیات مزرعه در حین آبیاری از جمله مزایای آبیاری قطره‌ای نسبت به سیستم‌های آبیاری ثقلی است (شوانکل و هانسون[3]، ۲۰۰۷؛ لام و کامپ[4]،۲۰۰۷). اگر به‌جای آبیاری قطره‌ای سطحی از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی استفاده شود، آب و مواد مغذی به‌طور دقیق به منطقه ریشه وارد می‌شود که امکان جذب موثرتر ریشه را فراهم می‌کند و تجمع احتمالی نمک در سطح خاک را روی سطح کاهش می‌دهد. هم‌چنین باعث توسعه عمیق‌تر ریشه نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی شده و موجب افزایش استخراج آب از آب‌های زیرزمینی کم‌عمق می‌شود (ایارز و همکاران[5]، ۲۰۰۶ ؛ لام و کامپ،۲۰۰۷).

1. Sharmasarker
2. Evans and Waler
3. Schwankl and Hanson
4. Lamm and Camp
5. Ayars et al.

افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب با استفاده از سیستم‌های قطره‌ای زیرسطحی در گوجه فرنگی، ذرت شیرین، یونجه و طالبی نیز گزارش شده است (ایارز و همکاران، ۱۹۹۹؛ هات ماچر و همکاران[1]، ۱۹۹۶ ؛ فنه و همکاران[2]، ۱۹۸۷).کوناکس و ویدرهید[3] (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای به بررسی روند استفاده از آبیاری قطره‌ای در انگلستان و ولز پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد استفاده از آبیاری قطره‌ای از سال ۱۹۹۰ تا این تاریخ دارای گسترش خوبی بوده و سطح استفاده از این سیستم در محصولاتی که دارای ارزش اقتصادی بالایی هستند، پنج برابر شده است. نتایج آزمایش‌های انجام شده در انگلستان، ولز و سایر نقاط دنیا مؤید اثرات مثبت آبیاری قطره‌ای بر روی بعضی محصولات ردیفی است. فلینک و همکاران[4] (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای تاثیر استفاده از آبیاری قطره‌ای را بر راندمان جذب و کارایی نیتروژن بررسی نمودند. آنها استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش راندمان جذب موثر را نسبت به سایر روش‌های آبیاری بسیار کارآمدتر دانستند. پاندی و خانپارا[5] (۱۹۹۵) با تحقیقی در گوجرات هندوستان نتیجه گرفتند، روش آبیاری قطره‌ای براساس ۸۰ درصد تبخیر تجمعی برای چغندرقند و بادام زمینی، ۱۰۰ درصد برای سیر و بادنجان از آبیاری سطحی و بارانی مناسب‌تر است. باغانی (۱۳۸۷) با تحقیقی که بر روی تعدادی از مزارع کشاورزان استان خراسان رضوی انجام داد اظهار نمود که استفاده از آبیاری قطره‌ای بجای آبیاری سطحی مناسب بوده به‌طوری‌که در تمام مزارع مورد مطالعه، روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی باعث افزایش نه تا ۲۱ درصدی عملکرد محصول، کاهش ۳۴ تا ۴۹ درصد آب مصرفی و افزایش ۸۳ تا ۱۱۶ درصدی در کارایی مصرف آب گردید. مالیک و همکاران[6] (۱۹۹۴) در مقایسه دو روش

1. Hutmacher et al.
2. Phene et al.
3. Knox and Weatherhead
4. Flink et al.
5. Pandey and Khanpara
6. Malik et al.

آبیاری قطره‌ای و سطحی، گزارش دادند در سامانه کود آبیاری جذب کود و آب نسبت به روش رایج کوددهی افزایش می‌یابد.

سنو[1] (۱۹۹۷) طی آزمایشی با چهار دور مختلف آبیاری قطره‌ای (سه، چهار، پنج، شش روز یک‌بار) و چهار سطح نیتروژن خالص (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰) کیلو گرم در هکتار بر روی سیر انجام دادند. اعمال تیمارهای آبیاری و نیتروژن تا ۵۴ روز پس از سبز شدن ادامه داشت، مقدار نیاز آبی بر اساس محاسبه تبخیر و تعرق به روش پنمن- مونتیث مشخص گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف نیتروژن و آبیاری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد سیر نداشته‌اند، اما بیشترین عملکرد سیر از تیمار با دور آبیاری سه روز و مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۷) در آزمایشی اثر دو سیستم آبیاری قطره‌ای و نشتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب بر توده سیر همدان را بررسی نمودند. دو سیستم آبیاری مورد استفاده، عملکرد کمابیش یکسانی داشتند و تفاوت معنی‌داری بین عملکرد آنها وجود نداشت. میانگین حجم آب مصرفی در روش‌های آبیاری تیپ و نشتی به ترتیب ۲۴۴۸/۵ و ۴۹۴۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. این ارقام نشانگر آن است که آبیاری تیپ باعث کاهش تقریبا ۵۰ درصدی در آب مصرفی نسبت به روش نشتی شده است. میانگین کارآیی مصرف آب در دو روش آبیاری تیپ و نشتی به ترتیب ۵/۲ و ۲/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب گردید. تاثیر سطوح مختلف کودی بر کارآیی مصرف آب نشان داد که بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار با کارایی مصرف آب ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. آنها نتیجه گرفتند که در زراعت سیر، آبیاری تیپ با عملکرد مساوی نسبت به روش نشتی، کاهش آب مصرفی و افزایش ۹۶ درصدی کارآیی مصرف آب قابل توصیه است. پاندی و همکاران[2] (۱۹۹۳) با تحقیقی در

1. Seno
2. Pandey and Singh

گوجرات هندوستان گزارش نمودند روش آبیاری قطره‌ای در آبیاری بعضی محصولات نظیر سیر از آبیاری سطحی و بارانی بسیار مناسب‌تر است.

در آزمایش الشابراوی و همکاران[1] (۱۹۸۷) تعداد آبیاری، بر عمر انباری سیر موثر بوده، به‌طوری‌که با افزایش تعداد آبیاری‌ها از یک به شش مرتبه، درصد آلودگی به کپک در سال اول ۱۳/۸ برابر و در سال دوم ۱۰/۱ برابر افزایش یافت. وزن و ماندگاری سوخ‌های بازارپسند با افزایش دور آبیاری بر اساس ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر تبخیر و تعرق پتانسیل تجمعی و عملکرد و ماندگاری آنها با افزایش حجم آبیاری بر اساس سه حجم آبی ۸۰ ، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل، افزایش نشان داد (دیورانتی و باربیری[2]، ۱۹۸۶). اثر دور آبیاری یک، یک و نیم و دو هفته با قطع آبیاری در تاریخ‌های ۱۲، ۱۹ و ۲۱ ماه می و ۴ ماه ژوئن بر عملکرد کمی و کیفی سیر نشان داد که بیشترین عملکرد در آبیاری یک هفته و تاریخ قطع ۱۲ ماه می است (هانسون و همکاران[3]، ۲۰۰۳).

در آزمایش دیگری که طی چهار سال برای تعیین دور و زمان مناسب قطع آبیاری در دو بافت خاک لومی شنی و لومی رسی انجام شد. عملکرد در خاک لومی شنی وابستگی زیادی به آب کاربردی داشت و آبیاری با دور یک هفته، برای جبران نقصان رطوبت خاک و جلوگیری از کاهش عملکرد ضروری بود. در خاکی با بافت لومی رسی، عملکرد هنگامی که مقادیر آب آبیاری کمتر از پتانسیل آب مورد نیاز محصول بود، کاهش نیافت، زیرا گیاه سیر قادر بود برای جبران کم آبیاری، آب را جذب کند. زمان قطع آبیاری برای هر دو خاک در اواخر اردیبهشت اتفاق افتاد. مقدار ماده خشک سیرچه‌ها در هر دو بافت خاک اختلاف معنی‌دار نداشتند (هانسون و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش مقادیر آب آبیاری از ۱۰۰ به ۱۳۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل، سبب افزایش

1. El-Shabrawy et al.
2. Duranti and Barbieri
3. Hanson et al.

غلظت آلیین می‌شود، البته درصورتی‌که کود نیتروژنه به صورت قابل ملاحظه روی غلظت آن اثرگذار نباشد (کنت ول[1]، ۲۰۰۰).

بررسی خرد آبیاری با دو روش قطره‌ای و میکرواسپرینکلر در سه سطح ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر، از تشتک با دور آبیاری یک روز در میان در مقایسه با آبیاری سطحی (آبیاری تا هفت سانتی‌متر وقتی تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر به ۵۰ میلی‌متر برسد) نشان داد که در آبیاری قطره‌ای با تبخیر و تعرق پتانسیل ۱۰۰ درصد، قابلیت بازارپسندی سوخ‌ها افزایش یافت و سوخ‌های بیشتری با ویژگی‌های مطلوب بازارپسندی از نظر شکل ظاهری و اندازه تولید شدند. عملکرد و شاخص‌های رشد شامل طول بوته، تعداد برگ‌ها و ضخامت گردن نیز افزایش نشان داد (سانکار و همکاران[2]، ۲۰۰۸). در مطالعه دیگری برای تعیین ضریب گیاهی و آب مورد نیاز سیر از سامانه آبیاری سطحی، قطره‌ای و قطره‌ای زیر سطحی و چهار سطح آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد از تبخیر و تعرق گیاهی استفاده شد. نتایج نشان داد مقدار مواد جامد محلول در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد به‌صورت معنی‌داری بالاتر از سطح آبیاری ۱۰۰ درصد بود ولی بین مقدار مواد جامد محلول در سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. میانگین مواد جامد محلول در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از دو سامانه دیگر بالاتر بود (ایارز[3]، ۲۰۰۷).

کارآیی مصرف آب (WUE) و کارآیی مصرف کود[4] (FUE) دو معیار مناسب در مدیریت آب و اقتصادی نمودن فعالیت‌های کشاورزی هستند که در رشد بهتر و تولید بیشتر محصول نقش دارند (قائمی و همکاران، ۱۳۸۷). اکثر محققین کارایی مصرف آب را معادل افزایش عملکرد محصول به ازای آب و مواد غذایی مصرف شده می‌دانند. روش آبیاری و مدیریت آن در حصول عملکرد محصول و راندمان مطلوب آبیاری نقش قابل

1. Cantwell
2 Sankar et al.
3. Ayars
4. Fertilizer use efficiency

توجه دارد، به‌طوری‌که در شرایط مطلوب، همواره در تمام دوره رشد گیاه آب و مواد غذایی به‌صورت مطلوب و در حد مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد (شاه محمدی و همکاران، ۱۳۸۶).

مطلبی فرد (۱۳۹۴) در آزمایشی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب سیر در شرایط مختلف آبیاری و کود نیتروژن را با دو فاکتور آبیاری در چهار سطح (با فواصل صفر تا سه، سه تا شش، شش تا نه و نه تا ۱۲ متر از خط اصلی آبیاری بارانی) و نیتروژن در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه بررسی نمود. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و غلظت نیتروژن بخش هوایی و سوخ و کاهش معنی‌دار وزن سیرچه‌ها شد. افزایش فاصله از خط آبیاری باعث کاهش عملکرد، وزن سیرچه‌ها و غلظت نیتروژن بخش هوایی و افزایش تعداد پوشش روی سیر و کارایی مصرف آب شد. عملکرد سیر در شرایط مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب آبیاری همراه با اثر دور آبیاری با فواصل ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روز و منابع پتاسیم (کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم) بر عملکرد، کیفیت و قابلیت انباری یک کلون سیر مصری بررسی شد. نتایج نشان داد که با آبیاری در فواصل زمانی ۱۵ یا ۲۰ روز و استفاده از سولفات پتاسیم، عملکرد و اجزای آن، کارایی مصرف آب، طول بوته، تعداد برگ‌ها، وزن برگ، وزن و قطر سوخ، تعداد سیرچه‌ها، ترکیب‌های معطر و طعم دهنده و مقدارکربوهیدرات‌ها و قابلیت انباری سیر افزایش یافت (احمد و همکاران[1]، ۲۰۰۹). رضوانی و همکاران (۱۳۹۰)، اثر مقادیر مختلف آب آبیاری (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل) و زمان‌های مختلف قطع آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی سیر بررسی نمودند. نتایج نشان داد که وزن و قطر سوخ در تاریخ‌های قطع دیرتر افزایش و تعداد پوسته سیر کاهش یافت. مقدار عملکرد در تیمارهای آبیاری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. آنها گزارش نمودند که می‌توان با آبیاری به اندازه ۷۵ درصد نیاز آبی بدون از دست دادن

1. Ahmed et al.

عملکرد، در مصرف آب صرفه جویی کرد. بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به سطح تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی و قطع آبیاری اواخر خرداد تشخیص داده شد. در آزمایش دیگری رضوانی و همکاران (۱۳۹۴) ویژگی‌های کیفی سیر سفید همدان در زمان‌های قطع و سطوح مختلف آبیاری در مدت نگهداری در انبار و رابطه آن با کارایی مصرف آب را بررسی نمودند. نتایج نشان داد در طول مدت نگهداری در انبار، مقادیر پیرووات، تغییرات رنگ، افت وزنی و فساد، افزایش معنی‌دار و درصد رطوبت سیرچه‌ها کاهش معنی‌داری داشت. تاخیر در قطع آبیاری سبب افت ترکیب‌های عطر و طعم دهنده و نیز افزایش افت وزنی و فساد سوخ‌های سیر در مدت نگهداری در انبار شد. تغییرات رنگ با تاخیر در آبیاری کاهش یافت ولی این کاهش معنی‌دار نبود. مقادیر آب آبیاری اثر معنی‌داری بر عوامل کیفی سوخ‌های سیر نشان نداد. با افزایش کارایی مصرف آب، کاهش در مقادیر افت وزنی، فساد و تغییرات رنگ سوخ‌های سیر مشاهده شد. در نتیجه، آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی با بالاترین کارایی مصرف آب و تاریخ قطع یک هفته زودتر از زمان رایج منطقه مناسب تشخیص داده شد.

۵-۷-تاریخ کاشت

در انتخاب تاریخ کاشت عوامل اقلیمی همانند دما، نور، رطوبت، خاک و عوامل غیراقلیمی همانند آفات، امراض و علف‌های هرز نقش دارند. هدف از تعیین تاریخ کاشت مناسب یافتن زمان کاشتی می‌باشد که مجموعه عوامل محیطی حادث در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقاء گیاه مناسب باشد و ضمن این‌که گیاه تا حد ممکن در هر مرحله از رشد با شرایط مطلوب خود روبرو می‌گردد با شرایط نامساعد محیطی نیز برخورد نکند (خواجه‌پور، ۱۳۷۶).

تاریخ کاشت بر تمام صفات از جمله عملکرد سیر، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه و تعداد برگ تأثیر معنی‌داری می‌گذارد. تأخیر در کاشت موجب کاهش دوره رشد و کاهش شاخص سطح برگ، کاهش وزن خشک و سرعت رشد محصول می‌گردد. کاشت به هنگام، موجب افزایش ماده خشک می‌شود، زیرا تکمیل پوشش گیاهی و

جذب نور بیشتر و روند تجمع مواد فتوسنتزی تسریع می‌گردد و گیاه بهتر می‌تواند از منابع محیطی موجود بهره ببرد (خدادادی و نصرتی، ۱۳۹۰) .

در مناطق گرمسیری، سیر در پاییز کشت می‌شود. این محصول مقاومت زیادی به سرما داشته و می‌تواند دوره‌های طولانی زیر صفر را تحمل کند به همین دلیل در مناطق معتدله کشت پاییزه این محصول نیز متداول بوده و حتی گزارش‌هایی مبنی بر بیشتر بودن عملکرد کشت پاییزه سیر نسبت به کشت بهاره در این مناطق ارائه شده است (ارلوسکی و همکاران[1]، ۱۹۹۴).

در یک پژوهش در مقایسه کاشت پائیزه و بهاره مشخص گردید کارائی مصرف آب در کشت پائیزه نسبت به کشت بهاره افزایش داشته است. عملکرد کل و قابل فروش در کشت پائیزه دو برابر کشت بهاره بود و بر این اساس کشت پائیزه سیر توصیه گردید (واترر[2]،۲۰۰۱)

کاشت سیر در اواخر زمستان (اواسط بهمن تا اواخر اسفند) می‌تواند تحت شرایط ویژه‌ای در مناطق سردسیر انجام گیرد. در این نوع کشت رشد و تحریک سرمایی باید به اندازه کافی باشد وگرنه این کاشت دیر هنگام سبب تولید محصول به نحو مناسب نخواهد شد، زیرا ممکن است بوته‌ها دمای پایین مورد نیاز جهت تشکیل سوخ را دریافت نکنند (رابینوویچ[3]، ۱۹۹۹).

خراط صادقی و رعیت پناه (۱۳۷۷) اثر چهار تاریخ کاشت از ۱۵ مهر تا ۳۰ آبان ماه را به فواصل به فاصله ۱۵ روز بر عملکرد رقم قرمز مازند مطالعه نمودند. بیشترین محصول در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ماه تولید گردید.

1. Orlowski et al.
2. Waterer
3.Rabinowitch

عباسی‌فر (۱۳۷۹) در اراک اثر سه تاریخ کاشت را از اول آبان تا ۱۵ آذر را به فواصل ۱۵ روز بر عملکرد چهار توده سیر محلی (تفرش، اهواز، همدان و مشهد) بررسی نمود. تاریخ کاشت ۱۵ آبان حداکثر محصول را تولید نمود.

دارابی و دهقانی (۱۳۸۹) اثر چهار تاریخ کاشت را از ۱۵ شهریور تا ۱۴ آبان به فواصل ۱۵ روز بر عملکرد، اجزای عملکرد و شدت بیماری زنگ در سیر انتخاب شده رامهرمز به مدت دو سال زراعی در منطقه بهبهان مطالعه نمودند. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد (۱۹/۵۲ تن در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور ماه تولید شد و برتری این تاریخ کاشت بر سه تاریخ کاشت دیگر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تاریخ کاشت بر میانگین تعداد سیرچه (از ۳۱/۷ تا ۳۴/۶) در سوخ و درصد ماده خشک سیرچه (از ۳۸/۰۷ تا ۳۹/۲۳) معنی‌دار نبود. حداکثر متوسط وزن سوخ (۶۰/۹۹ گرم) و سیرچه (۱/۸۱ گرم) و کمترین شدت آلودگی به زنگ سیر (۶/۴ درصد) در تاریخ ۱۵ کاشت شهریور مشاهده گردید. این محققین علت افزایش خسارت زنگ سیر با به تعویق افتادن تاریخ کاشت را چنین توجیه نمودند که پوستول‌های زنگ ناشی از قارچ عامل این بیماری (*Puccina allii*) در منطقه از اوایل اسفند ماه بر روی برگ‌های مسن (پایین‌تر) بوته ظاهر و به تدریج گسترش پیدا کردند. اصولاً تغییر تاریخ کاشت در راستای راهبرد کاهش مایه تلقیح بیماری و ایجاد شرایط نامطلوب برای عامل بیماری است که به نوعی ایجاد مقاومت غیر میزبانی برای قارچ‌های با قدرت شیوع بالا و قابلیت تغییر ژنتیکی زیاد مانند زنگ می‌باشد. بنابراین تاریخ کاشت زودتر (۱۵شهریور ماه) در اصطلاح سبب فرار بوته‌ها از بیماری می‌شود که در واقع یکی از روش‌های مدیریت بیماری‌های گیاهی می‌باشد.

خدادادی و نصرتی (۱۳۹۰) اثر چهار تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ مهر، ۱۵ و ۳۰ آبان را در همدان به مدت دو سال زراعی بر عملکرد سیر سفید همدان بررسی نمودند. حداکثر عملکرد (۲۲/۳۸ تن در هکتار) به تاریخ کاشت ۳۰ مهر ماه تعلق داشت. کاهش عملکرد

تاریخ کاشت ۱۵ مهر ماه نسبت به تاریخ ۳۰ مهر ماه معنی‌دار نبود ولی کاهش عملکرد دو تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ آبان نسبت به تاریخ کاشت ۳۰ مهر ماه معنی‌دار بود.

در یک پژوهش در دامغان اثر سه تاریخ کاشت (۲۵ مهر ۲۰ آبان و ۱۵ اسفند) بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای آلیسین دو اکوتیپ کویر دامغان و سفید همدان مطالعه شد. نتایج نشان داد با تأخیر در کاشت، صفات ارتفاع، وزن تر و خشک سوخ، عملکرد سیر، قطر و وزن خشک سیرچه کاهش یافتند. وزن تر و خشک سوخ، عملکرد سیر، قطر و وزن خشک سیرچه و مقدار آلیسین اکوتیپ سیر سفید همدان، به‌طور معنی‌داری بیشتر از اکوتیپ سیر کویر دامغان بود (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۴).

مورمو و همکاران[1] (۲۰۱۹) اثر سه تاریخ کاشت ۱۶ و ۲۳ آذر و دوم دی ماه را بر عملکرد سیر در هندوستان مطالعه نمودند. حداکثر عملکرد و بیشترین وزن سوخ به تاریخ کاشت ۱۶ آذر مربوط بود و با به تعویق افتادن تاریخ کاشت عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

۵-۸-تراکم بوته

تراکم بوته از عواملی است که در تعیین عملکرد کمی و کیفی گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند. شرایط خاک، ظرفیت تولیدی محیط، حجم گیاه، قدرت ترمیم فضا، عادت گیاه، نیاز نوری گیاهان، C_3 و C_4 بودن گیاه، هدف تولید و رقابت علف‌های هرز در تعیین تراکم موثرند (خواجه‌پور، ۱۳۷۶). در یک پژوهش نیاز آبی سیر از طریق باران تامین شد و مشخص گردید تراکم ۱۴ تا ۱۸ بوته در متر مربع برای تولید سوخ‌های با کیفیت مناسب است. عملکرد ۱۵ تن در هکتار در حداکثر تراکم بوته تولید گردید. ولی با کود آبیاری عملکرد سیر در آزمایش‌ها به ۴۰ تن در هکتار رسیده است. در این شرایط تراکم ۳۰ تا ۴۲ بوته در متر مربع اقتصادی‌ترین تراکم بوده است (کاستلا نوز و همکاران[2]، ۲۰۰۴). تولید محصول بیشتر با افزایش تراکم امکان‌پذیر است ولی ممکن است اندازه

1. Murmu et al.
2. Castellanos et al.

سوخ بسیار کوچک شود. در کالیفرنیا تراکم ۶۰ بوته در متر مربع برای تولید محصول بالا برای استفاده در صنایع فرآوری، که اندازه سوخ مهم نیست، استفاده می‌شود (بروستر، ۲۰۰۸).

اتوه (۲۰۰۱) گزارش نمود یکی ازعوامل موثر در عمق ریشه‌زایی و حجم ریشه، تراکم بوته است. نتایج پژوهش کاتاهیرا و موتومورا[1] (۱۹۹۹) مشخص نمود تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند بر تعداد برگ‌ها تأثیر داشته و با افزایش تراکم و فاصله گرفتن از تراکم مطلوب، تعداد برگ کاهش می‌یابد. از سوی دیگر با افزایش تراکم بوته کارائی مصرف آب بالا می‌رود، با توجه به اثر کارائی مصرف آب در افزایش محصول برای دستیابی به یک عملکرد بالا، تراکم‌های بالا درحد مطلوب مورد نیاز است.

عملکرد سیر با افزایش تراکم بوته در محدوده ۱۷ تا ۱۰۰ بوته در متر مربع افزایش می‌یابد، اما از آنجائی‌که با افزایش تراکم بوته اندازه سوخ کاهش می‌یابد و سوخ‌های کوچک بازارپسند نمی‌باشند تراکم بهینه به اندازه مطلوب سوخ بستگی دارد (تاکاگی، ۱۹۹۰). به‌طور معمول در تراکم‌های ۲۵ تا ۴۰ بوته در متر مربع اندازه سوخ تولید شده بزرگ می‌باشد (روباتزکی و یاماگوچی، ۱۹۹۷).

صباغ‌زاده و کاشی (۱۳۸۴) مناسب‌ترین تراکم بوته را برای سیر رامهرمز و تفرش به ترتیب ۲۰۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰۰ بوته در هکتار توصیه نمودند

احمدی و روحانی‌نژاد (۱۳۹۴) اثر سه فاصله بین ردیف ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و چهار فاصله بین بوته چهار، هشت، ۱۰و ۱۲ سانتی‌متر را بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر مازند در سیستان بررسی کردند. این محققین فاصله بین ردیف ۲۰ و فاصله بین بوته شش سانتی‌متر را برای کشت این رقم توصیه کردند.

دارابی و دهقانی (۱۳۸۹) اثر سه فاصله بین ردیف (۳۰،۲۰ و۴۰ سانتی‌متر) و سه فاصله بین بوته روی ردیف (پنج، هفت و ۱۰ سانتی‌متر) را بر عملکرد و اجزای عملکرد در سیر انتخاب شده رامهرمز به مدت دو سال زراعی در منطقه بهبهان مطالعه نمودند. با افزایش

1. Katahira and Motomura

فاصله بین ردیف و بوته عملکرد سیرکاهش ولی میانگین وزن سوخ و سیرچه افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین عملکرد به فاصله ۷×۲۰ سانتی‌متر مربوط بود. اثر فاصله بین ردیف و بین بوته بر تعداد سیرچه در سوخ و درصد ماده خشک سوخ معنی‌دار نبود.

خدادادی و نصرتی (۱۳۹۰) اثرات دو تراکم کاشت ۷۴۰ و ۵۵۰ هزار بوته در هکتار را بر عملکرد سیر سفید همدان مطالعه نمودند. میانگین عملکرد دو تراکم کاشت ۷۴۰ و ۵۵۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۲۰,۸۴۰ و ۱۹,۲۰۲ کیلوگرم در هکتار بود. کاهش عملکرد و افزایش وزن سوخ در تراکم ۵۵۰ هزار بوته در هکتار در مقایسه با تراکم ۷۴۰ هزار بوته معنی‌دار بود.

در یک پژوهش در دامغان تاثیر سه تراکم کشت ۳۵، ۴۵ و ۵۵ بوته در متر مربع بر خصوصیات زراعی سیر همدان و سیر کویر دامغان مطالعه شد. افزایش تراکم، باعث کاهش وزن تر و خشک سوخ، قطر و وزن خشک سیرچه و افزایش ارتفاع و عملکرد و تعداد سیرچه در سوخ شد. تراکم بوته تاثیر معنی‌داری بر میزان آلیسین نداشت (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۴).

کاستلانوز و همکاران (۲۰۰۴) در یک پژوهش دو ساله در لهستان در سال اول تراکم ۳۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ و در سال دوم تراکم ۳۰۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰۰ بوته در هکتار را مطالعه کردند. در هر دو سال آزمایش حداکثر محصول در بیشترین تراکم بوته بدست آمد.

در یک پژوهش در هندوستان اثر شش فاصله کاشت ۵ × ۱۰ ، ۵ × ۱۵ ، ۵ × ۲۰ ، ۷/۵× ۱۰ ، ۷/۵ × ۱۵ ، ۷/۵ × ۲۰ سانتی‌متر بر عملکرد و خصوصیات سوخ رقم جاماناگار بررسی گردید. حداکثر و حداقل محصول به‌ترتیب در دو فاصله کاشت ۵ ×۱۰ و ۷/۵ ×۲۰ سانتی‌متر تولید شد. بیشترین وزن سوخ و تعداد سیرچه به‌ترتیب به دو فاصله کاشت ۵ ×۱۰ و ۷/۵ × ۲۰ سانتی‌متر مربوط بود (ویدیا[1]، ۲۰۱۵).

1. Vidya

مورمو و همکاران (۲۰۱۹) اثر پنج فاصله ۴ × ۱۰ ، ۸ × ۱۰ ، ۱۰ × ۱۰ ، ۱۲ × ۱۰ و ۱۶ × ۱۰ سانتی‌متر را بر عملکرد و خصوصیات سیر رقم گانگاجالی در هندوستان مطالعه نمودند. با افزایش تراکم، عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

فخار و همکاران[1] (۲۰۱۹) اثر پنج فاصله ۱۵× ۱۵، ۱۷/۵ × ۱۷/۵، ۲۰ × ۲۰، ۲۲/۵ × ۲۲/۵، ۲۵× ۲۵ و ۲۷/۵× ۲۷/۵ سانتی‌متر را بر عملکرد و اجزا عملکرد دو توده سیر طارم و همدان در ساری بررسی نمودند. عملکرد سیر همدان از سیر طارم بیشتر بود. باکاهش تراکم بوته، عملکرد کاهش ولی وزن سوخ و تعداد و وزن سیرچه افزایش یافت.

۵-۹-برداشت

در هنگام بلوغ سوخ تولید برگ در گیاه متوقف شده و پیری شروع می‌شود. در این هنگام، گردن نرم شده و برگ‌ها افتاده ولی هنوز سبز رنگ هستند. بعد از این مرحله وزن و اندازه سوخ هنوز افزایش می‌یابد. این افزایش به‌دلیل ادامه تجمع ماده خشک در سوخ می‌باشد. اگر سوخ بعد از نرم شدن گردن و افتادن شاخ و برگ برداشت شود مدت زمان مورد نیاز برای خشک شدن و عمل‌آوری[2] کاهش یافته و میزان پوسیدگی در انبار به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر خواهد بود. از طرف دیگر اگر برداشت (در ارقام غیر گل‌دهنده) قبل از نرم شدن گردن و افتادن شاخ و برگ انجام شود، زمان بیشتری برای خشک شدن و عمل‌آوری مورد نیاز است و سوخ‌ها به بیماری‌های انباری حساس خواهند شد (دهالل و اهوجا[3]، ۲۰۱۳). بیشتر مطالعات نشان می‌دهد، زمانی که ۸۰-۵۰ درصد برگ‌ها افتاده باشند بهترین زمان برداشت است (بروستر، ۲۰۰۸). تاخیر در برداشت نیز سبب جدا شدن سیرچه از سوخ و حساس شدن به بیماری‌های انباری می‌شود (دهالل و اهوجا، ۲۰۱۳).

بیات و همکاران (۱۳۸۵) مناسب‌ترین زمان برداشت را برای توده سیر همدان در ایستگاه اکباتان در همدان و برای توده بومی رامهرمز در ایستگاه تحقیقات کشاورزی

1. Fakhar et al.
2. Curing
3. Dhall and Ajuha

بهبهان (مرکز خوزستان) به مدت سه سال بررسی نمودند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از

۱- مرحله‌ای که نوک جوان‌ترین برگ‌های سیر دست‌کم در ۷۰ درصد بوته‌های سطح مزرعه شروع به زرد شدن نمودند.

۲- زمانی که کل برگ‌ها در ۷۰ درصد بوته‌ها به‌طور کامل زرد شوند.

۳- مرحله‌ای که برگ‌ها به‌طور کامل خشک و قهوه‌ای شوند.

نتایج حاصل نشان داد که برای سیر رامهرمز ، مرحله برداشت دوم مناسب‌تر از مراحل دیگر است و برای توده سیر سفید همدان مرحله اول و دوم برداشت مناسب‌تر از مرحله سوم بودند.

الیوریا و همکاران[1] (۲۰۰۳) اثر پنج تاریخ برداشت ۱۳۴، ۱۴۱، ۱۴۸، ۱۵۵ و ۱۶۲ روز بعد از کاشت را بر عمکرد کمی و خصوصیات کیفی پنج رقم سیر در برزیل مطالعه نمودند. حداکثر عملکرد، مواد جامد محلول و اسیدهای آلی به دو تاریخ برداشت ۱۴۸ و ۱۵۵ روز بعد از کاشت مربوط بود.

1. Oliveria et al.

فصل ششم

علی دهقانی و حسین ثابت زنگنه

آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز

سیر از محصولاتی است که علاوه بر اندام‌های هوایی کـه در معـرض محـیط و فعالیـت آفات و عوامل بیمارگر هستند، دارای اندام مصرفی زیرزمینی و داخل خاک می باشـد کـه همین سطح تماس اندام‌هـای ذخیـره‌ای بـا ذرات خـاک کـه بخـش اصـلی و تولیـدی ایـن محصول مهم و اقتصادی است، نیز در معـرض عوامـل خسـارت اولیـه و ثانویـه قـرار دارد. عوامل و تنش‌های غیرزنده یا محیطی شامل ماندابی‌های مقطعی در طول فصـل، تـنش‌هـای رطوبتی و خشکی، کاهش یا افزایش دما و تنش حرارتی، کمبودهـا و عـدم تعـادل عناصـر غذایی و تنش‌های ناشی از تراکم و شیوه کاشت نامناسب از عواملی هسـتند کـه مـی‌تواننـد باعث مستعد کردن یا پـیش‌آمـادگی[1] بوتـه‌هـای محصـول سـیر بـرای آلـودگی بـه عوامـل خسارت‌زای زنده اعم از آفات و بیماری‌ها و علـف‌هـای هـرز شـده و در نهایـت منجـر بـه کاهش عملکرد و تولید محصول شوند.

در این بخش شایع‌ترین و مهم‌ترین آفات، بیماری‌هـا و علـف‌هـای هـرز مـزارع سـیر و راهکارهای تلفیقی و کمابیش جـامع بـرای مـدیریت و کنتـرل ایـن عوامـل خسـارت ارائـه می‌شود.

1. Predisposition

٦-١-آفات

٦-١-١-کرم سیر *Dyspessa ulula palidata (Staudinger)*

(Lepidoptera, Cossidae)

٦-١-١-١- تاریخچه، اهمیت و انتشار

کرم سیر یکی از آفات مهم سیر است. پازوکی و میر صلواتیان در سال ۱۳۶۵ آنرا تشخیص دادند (به نقل از حیدری ، ۱۳۶۵). این آفت در مزارع و به‌خصوص در انبارها خسارت زیادی وارد می‌کند و عمر انباری محصول سیر را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (بیات ۱۳۹۸). در برخی از سال‌ها آفت علاوه بر خسارت مستقیم به محصول انباری، با جلب قارچ‌های گندرو موجب له شدن سیر می‌شود که در نتیجه فاقد ارزش صادراتی است و همین موضوع، مانع از صادرات محصول و پایین آمدن قیمت آن در بازار می‌شود و در نتیجه خسارت هنگفتی به زارعین وارد و اغلب باعث کاهش سطح زیر کشت آن در سال‌های بعدی می‌شود (صفر علیزاده ، ۱۳۷۲).

لارو این آفت در مزرعه و انبار با نفوذ به داخل سوخ سیر و تغذیه از آنها سبب خسارت می‌شود (شکل ۳۱). ولی خسارت اصلی کرم سیر در انبار صورت می‌گیرد و بیشتر یک آفت انباری محسوب می‌شود به‌طوری‌که میزان خسارت در انبار یک ماه پس از برداشت می‌تواند به حدود ۲۰ درصد برسد. البته در صورت عدم مبارزه، میزان خسارت خیلی بیشتر از این خواهد شد، در صورتی که عمل برداشت زودتر انجام بشود درصد خسارت کاهش می‌یابد و حتی ممکن است به صفر برسد.

این آفت در کشورهای اروپایی نظیر اتریش، آلبانی، بوسنی و هرزگوین، آلمان، بلغارستان، اسلواکی، قفقاز، اوکراین، سوریه، مصر، فلسطین اشغالی و کشورهای شمال آفریقا و در ایران در استان همدان و دامنه‌های کوه الوند از تراکم جمعیت قابل توجهی برخوردار بوده و از مناطق الشتر و بیرانشهر لرستان جمع آوری گردیده است. این آفت فقط به گیاهان جنس *Allium* از خانواده پیاز حمله می‌کند و در ایران تنها از روی سیر و موسیر جمع‌آوری شده است (احمدی، ۱۳۹۴).

شکل ۳۱- کرم سیر و علائم خسارت آن روی محصول سیر

٦-١-١-٢-شکل شناسی

در حشرات بالغ، آفت که نوعی پروانه است طول بدن حدود ۱۳ میلی‌متر و عرض بال باز بدن ۲۵ میلی‌متر است. پروانه ماده، درشت‌تر از پروانه نر است، به‌طوری‌که طول بدن آن ۱۹ میلی‌متر و عرض بدن ۳۴ میلی‌متر هست شاخک در نرها شانه‌ای ولی در ماده‌ها اره-ای شکل است رنگ بدن حشره زرد مایل به قهوه‌ای با لکه‌های روشن روی بال جلوی می‌باشد. در حشرات ماده تخم‌ریز رشد یافته و حدود ۱۷ میلی‌متر است. در نرها خرطوم به‌طور کامل مشخص است چشم مرکب درشت و سیاه رنگ دارند. این حشره دارای دو زیرگونه *D.ulula palidara* و *D.ulula ulula* است.

تخم‌ها به رنگ زرد نخودی بیضی شکل و با حالت بشکه‌ای که در دو انتها مسطح بوده و موهای پراکنده و نامنظم در سطح آنها وجود دارد. طول و عرض تخم ۰/۹ × ۰/۵ میلی‌متر است. با تفریخ تخم‌ها لاروهای سن یک کاهی رنگ به طول ۱/۲ تا ۲/۴ میلی‌متر خارج می‌شوند. کپسول سر در پوست اندازی اول ۰/۲۵ میلی‌متر و به رنگ قهوه‌ای روشن، که بعد از سه روز با تغییر رنگ به قرمز گرایش پیدا می‌کند. رنگ لارو در سنین آخر، قرمز عنابی شده و طول آن در صورت تغذیه کافی و حضور میزبان مناسب به ۴۰ تا ۴۵ میلی‌متر می‌رسد. لاروها دارای آرواره‌های قوی و پنج جفت پای شکمی در حلقه‌های سوم، ششم و دهم شکمی می‌باشند که سطح این پاها مجهز به ۱۶ قلاب نیم دایره‌ای است. در سطح بدن لارو نیز موهایی به طور نامنظم و پراکنده دیده می شود.

طول شفیره‌ها ۲۰ میلی‌متر است و رنگ آنها زرد مایل به قهوه‌ای که به تدریج قهوه‌ای می‌شوند. در حلقه‌های یک تا چهارم دو ردیف زایده شانه مانند و در بقیه حلقه‌ها یک ردیف خار دیده می‌شود. رنگ خار ردیف اول تیره‌تر از ردیف دوم است.

٦-۱-۱-۳-زیست شناسی

این آفت زمستان را به صورت لارو کامل در داخل سوخ‌های سیر در انبار یا داخل خاک مزرعه می‌گذرانند و در نیمه اول خرداد در عمق ۶ تا ۸ سانتی‌متری خاک به شفیره تبدیل می‌شود. دوره شفیرگی ۲ تا ۳ هفته طول می‌کشد. حشرات کامل از نیمه خرداد ماه به‌تدریج ظاهر می‌شوند که روزها را در زیر کلوخه‌ها و علف‌های هرز می‌مانند و شب‌ها به فعالیت می‌پردازند. پروانه‌ها حدود دو ماه از اواسط خرداد تا پایان مردادماه در طبیعت فعال هستند. حشرات نر و ماده از قدرت پرواز کمی برخوردارند به‌طوری‌که پرواز آنها در ارتفاع پایین و سطح زمین صورت می‌گیرد و ارتفاعات پرواز آنها نیز کمتر از ۲ متر می‌باشد. حداکثر جمعیت آفت در اوایل تیرماه ظاهر می‌شود. پروانه‌های ماده بعد از جفت‌گیری تخم‌های خود را به صورت گروهی در زیر پوسته سوخ سیر قرار می‌دهند (خانجانی، ۱۳۸۸). هر حشره ماده حدود ۲۲۰ عدد تخم می‌گذارد. لاروها پس از ۲۱ روز از تخم‌ها خارج شده و شروع به تغذیه از بافت گوشتی سوخ سیر می نمایند. لارو بعد از ۸ روز اولین پوست اندازی را انجام می‌دهد. تعداد سنین لاروی در شرایط آب و هوایی همدان و شرایط آزمایشگاهی به بیش از ۱۲ بار می‌رسد. این حشره هر یک تا دو سال یک نسل دارد.

٦-۱-۱-٤-مدیریت تلفیقی

٦-۱-۱-٤-۱-روش‌های پیشگیری

۱- تناوب زراعی: این آفت دامنه میزبانی بسیار محدودی دارد، بنابراین تناوب زراعی در کاهش جمعیت آن اهمیت خاصی دارد.

۲- در مناطق دارای سابقه آلودگی ضدعفونی سیرچه‌ها با حشره‌کش تماسی قبل از کاشت موثر است.

۳- رعایت فاصله لازم بین مزارع سیر بیش از ۵۰۰ متر، با توجه به این‌که این حشره قدرت پرواز بسیار کمی دارد، درصورتی‌که آن مزرعه سابقه کشت سیر یا گیاه میزبان کرم سیر را نداشته باشد اعمال این روش موثر است.

۴- نصب تله‌های فرمونی و نوری: اجرای این روش در ماه‌های تیر و مرداد در کاهش جمعیت حشرات کامل آفت موثر است.

۵- کشت رقم زودرس، رقم صورتی رنگ موجود از ارقام زودرس هستند و قبل از ظهور حشرات کامل نسل بهاره قابل برداشت است و بنابراین از آلودگی به تخم آفت فرار می‌کند.

۶- برداشت زود هنگام و به‌موقع محصول به‌طوری‌که باعث می‌شود محصول از دسترس حشرات ماده برای تخم‌ریزی خارج شود (باب الحوائجی و خانجانی، ۱۳۸۷)

۷- اجتناب از انباشتن و کپه کردن سیرهای برداشت شده در مزرعه برای جلوگیری یا کاهش فرصت تخم‌گذاری توسط حشرات ماده

۸- جلوگیری از پخش و منتشر شدن سوخ‌های سیر در هنگام برداشت برای کاهش امکان بقا و حضور آفت در سطح مزرعه

۹- معدوم کردن بوته‌های گیاه میزبان

۱۰- ایجاد شرایط مناسب برای انبارداری سیر به‌طوری‌که رطوبت نسبی از ۶۰ تا ۷۰ درصد بالاتر نرود و هم‌چنین تهویه مناسب در محموله انبار شده جهت جلوگیری از تجمع رطوبت، و در واقع تعدیل حرارت حاصل از فرایند تنفس در محصول برداشت شده و جلوگیری از زمینه فعالیت قارچ‌های عوامل خسارت انباری

۱۱- در زمینه روش‌های شیمیایی، با توجه به ممنوعیّت گاز متیل بروماید، می‌توان از قرص فستوکسین به میزان ۵-۶ قرص به‌ازای هر متر مربع مکعب حجم انبار، فرمولاسیون‌های فسفین یا فسفر هیدروژن (PH_3) به مدّت سه روز گازدهی استفاده کرد و سوخ‌های بذری را به‌ویژه در مناطق با سابقه آلودگی، قبل از کاشت با حشره-کش تماسی، ضدعفونی کرد.

۱۲- با توجه به نیاز بالای گیاهان سیر و پیاز، ضرورت کاربرد کافی کود پتاس در مرحله حجیم شدن سوخ، برای تقویت میزبان و جلوگیری از ضعیف و مستعد شدن بوته در برابر عوامل خسارت، از جمله کرم سیر از اهمیّت بالایی برخوردار است.

٦-١-٢- مگس سیر و پیاز

***Delia antiqua* Meigen**
(Diptera, Anthomyiidae)

٦-١-٢-١-تاریخچه، اهمیت و انتشار

این آفت میزبان‌های بسیار متعددی دارد و در جغرافیای جهانی با پراکنش وسیعی که دارد از آفات عمده محصول سیر محسوب می‌شود و در همه مناطق ایران انتشار دارد. لارو این مگس در مزارع محصولات پیاز و سیر در کشورهای مختلف کانادا، آمریکا، هلند، انگلستان و ارمنستان گاهی تا ۹۰ درصد خسارت به محصول وارد می‌سازد. مگس سیر و پیاز در سال‌های خشک خسارت چندانی وارد نمی‌کند اما درصورتی‌که دو تا سه سال متوالی بارندگی بهاره زیاد باشد ممکن است ۸۰ تا ۹۰ درصد محصول را از بین ببرد. لاروهای کوچک سفید رنگ، سوخ‌های پیاز و سیر را در خاک سوراخ می‌کنند و اغلب سوخ‌های درشت مورد حمله چند لارو قرار می‌گیرند. این آفت به میزبان‌های متعدد سیر، پیاز، تره، موسیر و سایر گیاهان خسارت قابل توجهی وارد می‌سازد. در برخی نقاط از روی ریشه میخک جمع‌آوری شده است. خسارت شدید این مگس در زمین‌های حاوی کودهای دامی و مزارعی که در سال قبل در آنها پیاز کشت شده باشد بیشتر دیده می‌شود. ترجیح غذایی و میزبانی لاروها به سوخ بستگی به قدرت جلب بویایی آنها دارد.

خسارت نسل پاییزه آفت، بیش از نسل بهاره است، ولی نسل بهاره از بازارپسندی محصول می‌کاهد (محیسنی، ۱۳۸۱). لاروهای جوان بافت‌های سوخ را سوراخ کرده و از فلس‌های ظریف آن تغذیه می‌کنند. مگس‌های ماده سوخ‌های بزرگ‌تر (شش برگه) را به سوخ‌های جوان (سه برگه) و سوخ‌های خسارت‌دیده را به سوخ‌های سالم برای تخم‌ریزی

ترجیح می‌دهند و به همین دلیل روی سوخ‌هایی که خسارت جزئی دارند تخم‌ریزی می‌کنند. (میوشیزوکی و همکاران،[1] ۱۹۸۹). خسارت این مگس در مواردی به ۹۰ درصد هم می‌رسد. تراکم لاروها در سوخ‌هایی که ضایعات مختصری دارند بیشتر است. بیشینه انبوهی و جمعیت لاروها ۱۵ لارو در هر سوخ بوده که روی سوخ‌های گندیده دیده شده است. محققین بیان داشتند که حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درصد لاروها در سوخ‌های دارای خسارت جزئی تا متوسط فعالیت می‌کنند و فقط حدود ۱۲ تا ۲۰ درصد از آنها را می‌توان در سوخ‌های به‌طور کامل گندیده مشاهده کرد. براساس نتایج این پژوهشگران، یکی از خسارت‌های عمده و غیرمستقیم لاروهای این آفت ایجاد راهی برای حمله قارچ‌ها و باکتری‌های مولد پوسیدگی ازجمله قارچ‌های جنس *Botrytis* و باکتری *Erwinia carotovora* می‌باشد. هم‌چنین سوخ‌هایی که آلوده به باکتری مزبور هستند بیشتر قدرت جلب کنندگی مگس‌ها را خواهند داشت (آزمایش فرد، ۱۳۷۱).

خسارت این آفت از مزارع استان‌های شمالی،خوزستان، اصفهان، همدان، قزوین، اطراف تهران و کرج گزارش شده است (آزمایش فرد، ۱۳۷۱؛ خانجانی، ۱۳۸۳).

٦-۱-۲-۲-شکل شناسی

حشره کامل به طول شش تا هفت میلی‌متر به‌رنگ مایل به زرد و پوشیده از مو می‌باشد. بال‌ها غشایی، شفاف، به طول چهار تا پنج میلی‌متر و عرض یک تا سه میلی متر هستند. سر از جلو کمابیش کروی و از سه قسمت پیشانی، صورت و انتهای سر تشکیل شده است. قطعه زیر پیشانی مستطیلی شکل است. شاخک‌ها سه بندی سیاه رنگ و به طول ۰/۶ میلی‌متر می‌باشند، که بند اول خیلی کوچک و کمابیش لوبیایی شکل، بند دوم درشت و سه برابر بند اول، و بند سوم بزرگ‌تر و دو برابر بند دوم است و مجهز به موی شاخکی پرزدار می‌باشد. قطعات دهان به شکل خرطوم کوچک و زانویی شکل است. قفس سینه به رنگ خاکستری بوده و پوشیده از کرک‌های ریز سیاه رنگ است که

1. Muchizuki et al.

به‌صورت سه نوار تیره در زمینه روشن‌تر به‌نظر می‌آیند. پاها به رنگ زرد روشن و ران‌ها سیاه رنگ می‌باشند. شکم به طول ۱/۵ تا دو میلی‌متر دارای چهار حلقه قابل رویت و پوشیده از پرزهای کوتاه و سیاه رنگ است (آزمایش‌فرد، ۱۳۷۱).

تخم حشره بیضی شکل، کشیده به رنگ سفید شیری، به طول ۱-۱/۵ و عرض ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد که از یک طرف تا حدودی صاف است و روی آن ۱۰ نوار طولی دیده می‌شود.

لارو کامل به رنگ سفید شیری و به طول شش تا هشت میلی‌متر بوده و از ۱۰ حلقه تشکیل شده است. حلقه‌ها خط فاصله مشخصی نداشته و فقط به وسیله برجستگی‌های زیر شکم می‌توان آنها را از یکدیگر مجزا نمود. لارو در ناحیه سر باریک بوده و به طرف انتها عریض می‌شود. آرواره‌ها کوتاه، سیاه رنگ و نوک تیز بوده و به طرف زیر شکم خم شده‌اند. انتهای بدن لارو، دایره‌ای شکل و اطراف آن مجهز به ۱۶ دندانه کوتاه است. در وسط بدن نیز دو برآمدگی ظریف مشاهده می‌شود که مربوط به منافذ تنفسی می‌باشد.

شفیره بیضی شکل به رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای به طول چهار تا پنج و قطر یک تا دو میلی‌متر بوده و از ۱۰ حلقه تشکیل شده است. شفیره ماده درشت‌تر از شفیره نر می‌باشد.

۶-۱-۲-۳-زیست شناسی

این حشره زمستان را بیشتر به‌صورت شفیره و گاهی لارو کامل در عمق ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متری داخل خاک و یا در بقایای سوخ‌های خشک شده سال قبل سپری می‌کند. ظهور تدریجی حشرات کامل نسل بهاره (نسل اول) از اواسط اردیبهشت ماه شروع می‌شود و فعالیت مگس‌ها و حشرات بالغ حدود ۱۵ تا ۲۱ روز در مزارع و علف‌های هرز حاشیه مزرعه و هم‌چنین مزارع صیفی مجاور طول می‌کشد. حشرات ماده پس از جفت‌گیری، تخم‌ها را در دسته‌های ۱۰ تا ۱۵ تایی و گاهی به طور انفرادی در شکاف خاک نزدیک طوقه میزبان و روی ساقه نزدیک به ریشه قرار می‌دهند. لاروهای سن اول، یک تا دو هفته پس از ظهور حشرات کامل ظاهر می‌شوند. طول دوره لاروی ۲۰ تا ۲۵ روز است که پس از آن لاروها در داخل خاک به شفیره تبدیل شده و پس از دو تا سه

هفته دوره شفیرگی، حشرات کامل نسل دوم از اوایل تیرماه به‌تدریج روی بوته‌ها در مزرعه پرواز می‌کنند. در طول فصول پاییز و زمستان، لاروهای کامل زمستان گذران و شفیره‌های مگس را از خاک مزارع سال قبل می‌توان جمع آوری کرد. این مگس در شرایط آب و هوایی کرج دو نسل در سال دارد. در شرایط آزمایشگاهی کمینه و بیشینه دوره شفیرگی به ترتیب هفت و ۱۸ روز، کمینه و بیشینه طول عمر حشرات کامل به ترتیب چهار و ۱۰ روز، دوره رشد جنینی سه تا پنج روز و دوره لاروی ۱۵ تا ۲۲ روز است. طول مدت یک نسل بین ۳۵ تا ۵۵ روز می‌باشد، ظهور تدریجی حشرات کامل نسل بهاره یعنی نسل اول از اواسط اردیبهشت ماه شروع شده و نسل دوم از اوایل تیر ماه به‌تدریج از روی بوته‌ها پرواز می‌کنند. این آفت در نقاط مختلفی از جهان از قبیل کره جنوبی و هند تعداد سه نسل در سال دارد. با مقایسه زیستی این مگس در سه شرایط آب و هوایی متفاوت می‌توان گفت که این حشره دیاپوز اجباری نداشته و بسته به شرایط منطقه می‌تواند دو تا سه نسل در سال تولید کند.

٦-١-٢-٤-مدیریت تلفیقی آفت (IPM)

روش زراعی شامل کاشت دیر هنگام مزرعه در اوایل بهار، درصورتی‌که مزرعه دیر کاشته شود خسارت تغذیه‌ای آفت توسط گیاه قابل ترمیم است.

روش شیمیایی شامل روش‌های ضدعفونی بذر و سم‌پاشی در خاک پای بوته‌ها در مزرعه با استفاده از حشره‌کش‌های اسپینوساد یا سموم ارگانوفسفره می‌باشد.

٦-١-٣-تریپس پیاز و سیر *Thrips tabaci* (Thripidae, Thysanoptera)

٦-١-٣-١-تاریخچه، اهمیت و انتشار

این آفت به گونه‌ای با میزبان‌های بسیار متعدد و انتشار جهانی است. اولین‌بار در کشور توسط افشار (۱۳۱۷) گزارش شده است. مهم‌ترین میزبان‌های این آفت، پیاز، سیر، توتون، پنبه، کلم گل، کلم، کتان، چغندرقند، کنف، سیب زمینی، بادمجان، خیار، خربزه، گوجه

فرنگی، لوبیا، نخود، بادام زمینی، کرفس، شلغم و جعفری می‌باشند (کلافچی و همکاران، ۱۳۸۱).

بیشترین خسارت تریپس روی جوانه‌های بذری داخل خاک دیده می‌شود یعنی به جوانه‌هایی که از پوسته بذر خارج می‌شوند خسارت وارد می‌کند. هم‌چنین لکه‌های نقره‌ای، زرد یا قهوه‌ای روی برگ ایجاد کرده و در نهایت باعث بدشکلی و کوچک ماندن برگ می‌شود (شکل ۳۲). علاوه بر این، فضولات سیاه‌رنگ حشره در محل‌های نقره‌ای شده مشاهده می‌گردد. خسارتی که به گیاه وارد می‌شود بر اثر فعالیت تغذیه حشرات کامل، پوره و لارو تریپس می‌باشد. حشرات با فرو بردن خرطوم خود در اپیدرم برگ از شیره گیاهی و کلروفیل تغذیه نموده و محل نیش حشره نیز به صورت نقاطی به رنگ سفید متمایل به زرد روی برگ‌ها مشاهده می‌شود. تراکم حشره در لابلای محل اتصال برگ به ساقه‌ی دروغی زیاد است. تریپس می‌تواند ناقل بعضی از ویروس‌ها نیز باشد.

۶-۱-۲-۳-شکل شناسی

اندازه بدن حشره کامل حدود یک میلی‌متر با بدن باریک و به رنگ زرد، قهوه‌ای، خاکستری روشن تا تیره مشاهده می‌شود. عرض سینه ۱/۵ برابر طول آن می‌باشد. شاخک‌ها هفت بندی و زرد رنگ هستند و بند دوم، انتهای بندهای سوم تا پنجم و هم‌چنین بند ششم، خاکستری رنگ هستند. حشرات ماده دارای دو جفت بال کشیده و باریک می‌باشند که حاشیه جلویی و عقبی هر دو جفت بال ریشک‌دار است. قسمت انتهایی رگ‌بال جلوی بال‌های جلویی دارای حداقل چهار مو هست و موهای گوشه‌های عقبی پیش قفسه سینه نیز ۲۸ تا ۴۸ میکرون طول دارند. بال‌ها به رنگ بدن هستند ولی گاهی تا حدودی تیره‌تر دیده می‌شوند. حشرات نر فاقد بال هستند. در انتهای شکم ماده اندام تخم‌ریزی وجود دارد که از دو ارّه ظریف و خمیده تشکیل شده و طول آن ۰/۲ میلی‌متر است. تخم‌های تریپس، سفید و شفاف و طول آنها ۰/۲۵ میلی‌متر هست که در داخل بافت گیاه میزبان قرار داده می‌شوند و بنابراین با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیست.

شکل ۳۲- علائم خسارت تریپس روی برگ سیر

لارو این آفت به رنگ زرد روشن دیده می‌شود. شاخک‌ها کوتاه و به سمت جلوی بدن امتداد یافته‌اند. لاروها در بیشتر موارد در پشت برگ گیاهان میزبان فعالیت دارند.

پوره‌های تریپس شبیه حشرات کامل هستند و اغلب رنگ زرد روشن دارند. طول پوره‌ها ۰/۷ میلی‌متر و چشم‌های مرکب کوچک و قرمز رنگی دارند. شاخک‌ها به سمت عقب کشیده شده‌اند. جوانه‌های بال رشد کرده و انتهای آنها تا حلقه هشتم شکم می‌رسد. روی حلقه‌های شکمی نیز موهایی وجود دارد که در انتها چماقی شکل هستند.

۶-۱-۳-۳-زیست شناسی

مراحل زیستی آفت تریپس شامل تخم، لارو، پوره، پیش شفیره، شفیره و بالغ است و چرخه زندگی آن از تخم تا حشره بالغ نه روز طول می‌کشد. نسل‌های این حشره کمابیش همپوشانی دارند. تریپس فصل زمستان را به صورت لارو در روی گیاه، پوره یا شفیره در داخل خاک و حشرات کامل داخل بقایای گیاهی، علف‌های هرز یا داخل خاک و شکاف‌های خاک مزرعه به سر می‌برد. این حشره به طریق بکرزایی یا دخترزایی تولید مثل می‌کند. در برخی بررسی‌ها به‌ازای هر ۱۰۰ عدد حشره ماده یک حشره نر داخل جمعیت مشاهده شده است. حشره ماده تخم‌ها را توسط تخم‌ریز به‌طور انفرادی در داخل محفظه‌ای در زیر اپیدرم قرار می‌دهد. دوره جنینی تخم در تابستان چهار تا پنج روز می‌باشد. بدن لاروی که از تخم خارج می‌شود کمی فشرده است و خیلی زود به تحرک و فعالیت می‌پردازد. در دمای ۲۳ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد مرحله لاروی پنج تا هفت روز و دوره

پیش‌شفیره و شفیره ۳/۵-۴/۵ روز طول می‌کشد. هر حشره ماده روزانه حداقل شش و حداکثر ۱۲ تخم و در مجموع طی دوره تخم‌گذاری ۶۰ عدد تخم می‌گذارد. حشرات ماده بلافاصله پس از ظهور، تغذیه و تخم‌گذاری می‌کنند. حشرات کامل پرواز حقیقی ندارند و فقط قادرند از یک گیاه به گیاه مجاور بروند، ولی مسافت‌های طولانی را به واسطه باد طی می‌کنند. این آفت چند نسلی است.

زمان اولین ظهور آفت در مزارع، مصادف با مرحله سه برگی شدن می‌باشد. در دوره کشت محصول جمعیت آفت یعنی مجموعه لاروها و بالغ‌ها به شدت وابسته به شرایط محیطی است و دستخوش نوسانات زیادی می‌شود. کمینه و بیشینه جمعیت از تعداد شش تا ۱۶ تریپس به‌ازای هر برگ آماربرداری شده است و تغییرات ناگهانی جمعیت بیشتر تحت تاثیر عوامل‌غیرزنده نظیر بارندگی، بادهای موسمی، میانگین درجه حرارت، میانگین رطوبت نسبی و عملیات آبیاری است. عوامل زنده تاثیر کمی روی تغییرات جمعیت تریپس نشان داده‌اند که در این میان تاثیر سن‌های شکارگر *Orius albedipennis* (Reuter) اهمیت بیشتری داشته است.

٦-١-٣-٤-مدیریت تلفیقی (IPM)

٦-١-٣-٤-١-روش های زراعی

۱- کشت ارقام زودرس به دلیل کاهش فعالیت و جمعیت تریپس باعث می‌شود خسارت کمتری به محصول وارد آید.

۲- استفاده از ارقام مقاوم که دارای لایه برّاق اما فاقد لایه مومی کوتیکول هستند و میزان حساسیت کمتری نسبت به تریپس دارند و مشخص شده است که لایه مومی سطح برگ، حساسیت برگ را به آفت تریپس افزایش می‌دهد (همتی و بندیکتوس ۱۳۷۹).

۳- شخم: از آنجایی که این آفت زمستان را در عمق شش تا هشت سانتی‌متری خاک می‌گذراند، بنابراین انجام شخم با گاوآهن برگردان‌دار در کاهش جمعیت آفت موثر است، به‌طوری‌که لایه سطحی خاک حاوی مراحل زیستی آفت را به اعماق پایین می‌برد.

٦-١-٣-٤-٢-روش‌های بیولوژیکی

دشمنان طبیعی و عوامل کنترل بیولوژیکی از قبیل سن شکارگر *Orius* sp.، مگس (*Sphaerospheria bengalensis*)، کفشدوزک (*Coccinella stempunctata*)، کنه شکارگر (*Hyapoaspis melis*) و تریپس (*Aelothrips fasciatus*) وجود دارد که در مجموع گونه‌های سن شکارگر اوریوس بویژه گونه *Orius albedipennis* (Reuter) سازگاری بالای اقلیمی‌های مختلف از خودشان نشان داده‌اند و کارایی بالاتری دارند.

٦-١-٣-٤-٣- روش شیمیایی

با توجه به این که مزارع سیر در بیشتر موارد کوچک هستند، در صورت سابقه آلودگی به تریپس می‌توان از گرانول دیازینون ۱۰ درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت برای کنترل جمعیت آفت استفاده کرد و نیز قابل توجه است که کنترل به-موقع آفت تریپس می‌تواند در کاهش خسارت بیماری سفیدک کرکی در این محصول موثر باشد (دهقانی، ۱۳۹۸)

٦-٢-بیماری‌ها

٦-٢-١-پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق پیاز و سیر

Fusarium Basal Plate Rot

عامل بیماری:

***Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. f. sp. *cepae* (Hans.) Snyder & Hanse**

٦-٢-١-١-تاریخچه، اهمیت و انتشار

این بیماری در سطح وسیعی در دنیا اتفاق می‌افتد و از نظر اقتصادی باعث کاهش محصول در بسیاری از کشورها می‌شود. این بیماری در سال ۱۹۱۰ برای اولین‌بار در آمریکا گزارش گردید و از تعدادی از کشورها از جمله ایتالیا، ژاپن، آفریقای جنوبی و ایالات متحده آمریکا گزارش شده است. علاوه بر سیر و پیاز روی موسیر و تره فرنگی نیز مشاهده شده است. در ایران در سال ۱۳۵۲ قارچ *Fusarium* sp. به عنوان عامل بیماری در

منطقه تبریز گزارش گردید (اسدی و ایزدیار، ۱۳۵۲). در سال ۱۳۶۵ بیماری پوسیدگی ریشه و طبق از مهم‌ترین بیماری‌های پیاز در استان آذربایجان شرقی معرفی گردید که باعث کاهش شدید محصول در مزرعه و انبار شد.در سال ۱۳۷۳گونه‌های *Fusarium oxysporum* و *F. acuminatum* به‌عنوان عامل بیماری در استان آذربایجان شرقی گزارش گردید (بهروزین و اسدی،۱۳۷۳).

٦-۲-۱-۲-علایم بیماری

سوخ‌های پیاز و سیر ممکن است در هر زمانی از طول دوره رشد در مزرعه به‌وسیله قارچ بیمارگر آلوده شوند. علایم اولیه به‌صورت پیچیدگی برگ، زردی و نکروز نوک برگ‌ها و سپس به طرف پایین گسترش می‌یابد.

آلودگی سیر به صورت لکه‌های مایل به قرمز تا قرمز مایل به صورتی کم‌رنگ، روی ساقه و سوخ‌ها نزدیک به فصل برداشت دیده می‌شوند (استوارت و حداد[1]، ۲۰۱۸) . هم-چنین گیاهان آلوده ممکن است پژمردگی نشان دهند. سوخ‌های آلوده وقتی که برش داده می‌شوند، بافت آلوده به رنگ قهوه‌ای و آبکی دیده می‌شود. پوسیدگی از ساقه به طرف قاعده فلس پیشرفت کرده و سرانجام ریشه‌ها می‌پوسند و میسلیوم سفید رنگ قارچ در سطح ساقه تشکیل می‌شود. سوخ‌ها ممکن است در مزرعه آلوده شوند و آلودگی در انبار توسعه یابد (شکل‌های ۳۳ و ۳۴).

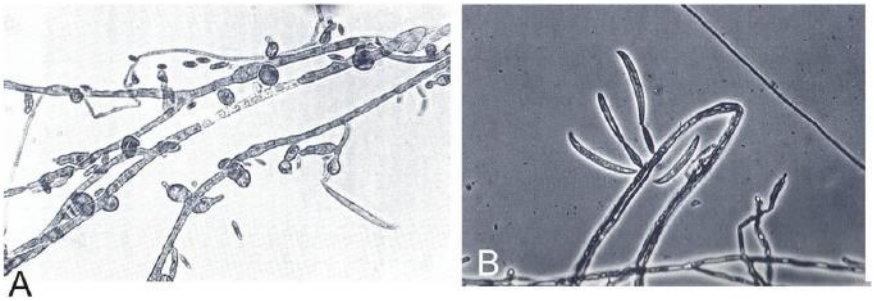
٦-۲-۱-۳-عامل بیماری

عامل بیماری، قارچ پوسیدگی قاعده سوخ پیاز و سیر *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. f. sp. *cepae* (Hans.) Snyder & Hansen می‌باشد. این قارچ فیالیدهای کوتاه ساده و منشعب، ماکروکنیدیم، میکروکنیدیوم و کلامیدوسپور تولید کرده که اغلب میکروکنیدیوم‌ها کمتر می‌باشند و ماکروکنیدیوم‌ها هم‌شکل، خمیده و دارای سه تا چهار دیواره هستند (شکل ۳۵).

1. Stewart and Hadad

شکل ۳۳- علائم بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق پیاز و سیر

شکل۳٤- آلودگی و علائم بیماری فوزاریومی در سیر و تعامل و هم‌افزایی خسارت کنه اریوفید با قارچ



شکل۳۵- *Fusarium oxysporum*: A- میکروکنیدیوم و کلامیدوسپور B- فیالید و ماکروکنیدیوم (زیتر و همکاران۱، ۱۹۹٦).

٦-۲-۱-٤-زیست شناسی و چرخه بیماری

قارچ عامل بیماری *F.o. cepae* به‌طور کلی خاک‌زی بوده و به‌وسیله کلامیدوسپور مدت زیادی دوام می‌آورد. عامل قارچی به‌وسیله پیازها و سیرهای آلوده ممکن است به‌طور وسیعی منتشر شود. وقتی دمای خاک زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد است به راحتی مشاهده می‌شود. ولی دمای بهینه برای گسترش بیماری ۲۸-۲۵ درجه سانتی‌گراد است. سیرها بیشتر بعد از یک دوره آب و هوای مرطوب قبل از برداشت آلوده می‌شوند.

گیاهان در هر مرحله رشدی می‌توانند بوسیله رخنه مستقیم قارچ به داخل پیاز آلوده شوند. به هرحال وقوع بیماری با آسیب ریشه‌ها، ساقه، طبق و پیازهای آسیب دیده از مگس پیاز[۲] و سایر حشرات افزایش می‌یابد. مهاجمین ثانویه مانند کرم ذرت[۳] به پیازهای آلوده در مزرعه حمله می‌کنند. قارچ عامل بیماری از سوخ به سوخ در طول مدت انبارداری حرکت می‌کند که روند این نوع گسترش کند و بطئی است. سوخ‌های آلوده سیر در انبار می‌شکنند و سیرچه‌های خیلی آلوده دارای وزن سبک هستند و به‌راحتی از هم جدا می‌شوند.

1. Zitter et al.
2.Delia antiqua
3. Delia platura

هم‌افزایی ناشی از تعامل آفت کنه اریوفید با بیماری قارچی فوزاریومی (شکل ۳۴)، در ایجاد خسارت در محصول از موضوعاتی است که در مزارع باعث خسارت به زارعین می‌شود. بیشترین رشد جمعیتی کنه اریوفید در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۸۰ درصد رخ می‌دهد و با شروع خسارت کنه، جلب و خسارت قارچ‌های ساپروفیت خاک‌زی از قبیل پنیسیلیوم و فوزاریوم باعث تشدید پوسیدگی در سوخ‌های سیر می‌شود (هوپتیگ[1]، ۲۰۱۹).

٦-۲-۱-۵-مدیریت تلفیقی بیماری (IPM)

۱- تناوب و کاشت محصولات غیرحساس به مدت چهار سال یا بیشتر خسارت را به حداقل می‌رساند.

۲- تنظیم شرایط نگهداری سوخ‌ها به دمای چهار درجه سانتی‌گراد باعث کاهش قابل توجه خسارت می‌شود.

۳- آغشته کردن نشاء در محلول قارچ‌کش مناسب نظیر کاپتان و تیرام قبل از انتقال خسارت بیماری پوسیدگی ریشه را به طور معنی‌داری کاهش داده است.

۴- کاربرد مرطوب قارچ‌کش رورال تی اس ی(ایپرودیون-کاربندازیم) درمرحله قبل از کاشت سیرچه‌های بذری نیز در کنترل مرگ گیاهچه و پوسیدگی ریشه سیر روش موثری شناخته شده است (ارجمند، ۱۳۹۴)

۵- اجتناب از مصرف بیش از حدّ کود ازته

۶- کاشت سوخ سالم و مبارزه با حشرات خاک‌زی که فعالیت تغذیه‌ای آنها، موجب زخم ناحیه ساقه و ریشه و رخنه قارچ را فراهم می‌آورد.

۷- سابقه کشت لگوم‌ها به ویژه یونجه، موجب رشد کافی و مناسب سوخ و کاهش آلودگی به بیماری می‌شود.

1. Hoeptig

۸- کاربرد ترکیب ضدعفونی خاک پیش از کاشت یا سبز شدن به روش محلول‌دهی خاک پای بوته (Drenching)

۹- کاربرد کنه‌کش آبامکتین یا اُبرون روی اندام‌های هوایی و بذور خیس خورده

۱۰- کاربرد روغن معدنی بعلاوه صابون موقع کشت بذور یا سوخچه‌های سیر (هوپتیگ، ۲۰۱۹).

٦-۲-۲--سفیدک کرکی (داخلی یا دروغی) پیاز و سیر Downy mildew

عامل بیماری: ***Peronospora destructor*** **(Berk.) Casp. In Berk**

٦-۲-۲-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار

این بیماری از بیشتر کشورهایی که پیاز کشت می‌شود مانند آمریکا، نیوزیلند، انگلستان، آفریقا، خاورمیانه، چین و ژاپن گزارش شده است. در ایران در سال ۱۳۴۵ از گیلان گزارش شد (ارشاد، ۱۳۸۸) و سایر گونه‌های جنس *Allium* از جمله تره‌فرنگی، سیر، موسیر و پیازچه به‌عنوان میزبان این قارچ ذکر شده و میزان آلودگی این بیماری در برخی مناطق مانند گرگان ۷۰ درصد برآورد شده است (اسدی و یزدیار، ۱۳۵۲). در دوره طولانی سرما و رطوبت هوا، بیماری به‌شدت به گیاه خسارت زده و سبب کاهش کمّی و کیفی محصول می‌شود.

قارچ بیمارگر سفیدک کرکی می‌تواند گل‌ها را آلوده کند و به داخل بذر نفوذ کند. برخی از قسمت‌ها ممکن است به صورت سیستمیک آلوده شوند. بعد از یک دوره نگهداری سوخ‌ها بطور سیستمیک آلوده شده و نرم و چروکیده شده و قسمت خارجی گوشتی تمام یا قسمتی به رنگ قرمز آجری در می‌آید. در آب و هوای خشک با رطوبت-نسبی کمتر از ۸۰ درصد و دمای بیش از ۲۴ درجه سانتی‌گراد رشد قارچ آشکار نبوده و لکه‌ها به صورت بافت مرده و بدون پوشش رشته‌های قارچ به نظر می‌رسند ولی قارچ ممکن است دوباره ظاهر شده و سبب خسارت به بافت‌های مجاور که مرطوب بوده و در شرایط خنک قرار گرفته‌اند، شود. حمله بیماری به‌طور معمول در مرحله‌ای که برگ‌ها به

اندازه ۱۵ سانتیمتر یا بیشتر رشد کرده‌اند صورت می‌گیرد. اولین علایم بروز بیماری روی ساقه‌های گل‌دهنده همانند علایم برگی است با این تفاوت که زخم‌های روی ساقه بذری اغلب منظم و بزرگ بوده و در مجموع رنگ بنفش مشخص به خود می‌گیرند.

٦-٢-٢-٢-علایم بیماری

اولین علایم بیماری روی برگ‌های مسن به صورت لکه‌های رنگ پریده مایل به خاکستری که ممکن است ۳۰-۳ سانتی‌متر طول داشته باشند، ظاهر می‌شوند. در صورت وجود شرایط مساعد برای رشد قارچ، علایم اولیه بیماری به صورت لایه نمدی خاکستری مایل به بنفش در سطح قسمتی از برگ‌های پیاز و ساقه ظاهر می‌گردد. در این مرحله تغییری در بافت‌ها مشاهده نمی‌شود ولی به‌تدریج با پیشرفت بیماری این پوشش متراکم‌تر و گسترده‌تر و نقاط مورد حمله ابتدا رنگ‌پریده و سپس به صورت لکه‌های فرورفته بیضوی در آمده که مرکز آنها زرد و خشک و در حاشیه از یک توده خاکستری متمایل به بنفش که شامل اندام باردهی قارچ (اسپورانژ) است پوشیده می‌شود (شکل۳۶).

شکل۳۷- علایم بیماری سفیدک دروغی و اندام باردهی قارچ عامل بیماری شامل اسپورانژبر و اسپورانژ *Peronospora destructor*

٦-٢-٢-٣-عامل بیماری

عامل بیماری قارچ *Peronospora destructor (Berk.) Casp. In Berk* از خانواده *Peronosporaceae*، راسته *Peronosporales*، رده *Oomycetes* و شاخه *Stramenopila*

می‌باشد. اسپوراژیوسپورهای قارچ بدون دیواره، منشعب، با اشکال مختلف و به رنگ بنفش هستند که از روزنه‌ها خارج می‌شوند. انتهای اسپورانژبرهای دو شاخه‌ای[1] که در جهت محور اصلی به رشد خود ادامه می‌دهند[2] که دو تا شش شاخه فرعی داشته و به دو زائده استریگما[3] ختم می‌شوند.

اسپورانژها گلابی تا دوکی‌شکل که دارای دیواره نازک و یک پستانک[4] در انتهای اسپورانژبر تشکیل می‌شوند و وقتی جوانه می‌زنند یک یا دو لوله تندش[5] تولید می‌کنند. میسلیوم‌ها به صورت بین‌سلولی و در تمام اندام‌های گیاه وارد شده و مکه‌های[6] خود که خمیده یا مارپیچی بوده را به داخل سلول‌ها می‌فرستند. تخم زمستان‌گذران قارچ[7] گرد که اغلب متعدد بوده و مجهز به یک پوشش کلفت است و قطر آن بین ۴۴-۴۰ میکرومتر است.

٦-٢-٢-٤-زیست شناسی و چرخه بیماری

قارچ زمستان را به صورت ائوسپور در داخل بوته‌های آلوده یا به صورت میسلیوم در محموله انباری از سالی به سال دیگر می‌گذراند. به هر حال بذر نمی‌تواند یک عامل پایداری و بقاء قارچ باشد. قارچ تولید هر دو مرحله غیرجنسی (اسپوراژیوم لیموئی شکل) و جنسی (اُاُسپور با دیواره ضخیم) نموده که هردو می‌توانند به‌وسیله باد یا پاشیدگی قطرات آب[8] در محیط گیاه سبب آلودگی گیاهان رشد یافته شوند. آلودگی اولیه توسط بیمارگر نیازمند دمای کمتر از ۲۲ درجه سانتی‌گراد و قطرات باران و یا شبنم روی سطح برگ یا رطوبت نسبی بالای ۹۵ درصد می‌باشد. آب و هوای خشک آفتابی برای چند ساعت می‌تواند مانع از پیشرفت بیماری شود. چرخه آلودگی در یک دوره طولانی نه تا

1. Dichotomous
2. Monopodial
3. Sterigmata
4. Papillate
5. Germ tube
6. Haustoria
7. Oospore
8. Splash

۱۶ روز و دوره اسپورزایی، انتشار و آلوده سازی قارچ یک تا دو روز طول می‌کشد. اسپورها در شب تولید و در طول روز پخش می‌شوند و اسپورهای پخش شده می‌توانند روی برگ‌های میزبان یک تا سه روز زنده بمانند. دوره بقاء اسپور به دما، رطوبت نسبی و عدم دوره آفتابی بستگی دارد. قارچ ممکن است در طول چهار چرخه در مزرعه محصول را به‌طور کامل از بین ببرد. فعالیت تغذیه‌ای تریپس که در لابلای برگ‌های سیر زیاد مشاهده می‌شود، در شدت بیماری سفیدک کرکی تأثیر چشمگیری دارد (دهقانی، ۱۳۹۸).

٦-۲-۲-۵-مدیریت تلفیقی بیماری (IPM)

۱- انتخاب سیرچه‌های سالم و عاری از آلودگی به بیماری.

۲- تناوب زراعی به مدت سه تا چهارسال و حذف علف‌های هرز میزبان.

۳- جمع‌آوری و سوزاندن بقایای گیاهان آلوده بعد از برداشت محصول.

۴- خودداری از کاشت یا مجاورت با گیاهان حساس در مزرعه.

۵- جلوگیری از رطوبت اضافی و زه‌آب در مزرعه و خشک نگه داشتن زمین و عدم استفاده از بادشکن و هر گونه حصار.

۶- اجرای منظم و کافی آبیاری، و البته آبیاری سطحی (غرقابی) از آبیاری بارانی نتیجه بهتری دارد.

۷- اجرای برنامه سم‌پاشی بر اساس شرایط آب و هوا و پایش و پیش‌آگاهی به موقع بیماری.

۸- استفاده از قارچ‌کش‌هایی با ترکیبات مسی مانند مخلوط بردو، دی‌تیوکاربامات‌ها، کلروتالونیل، فوزتیل آلومینیوم و متالاکسیل که این دسته سموم جهت جلوگیری از مقاومت بیمارگر به سم به‌صورت مخلوط با سایرسموم یا به‌صورت تناوبی در یک دوره حفاظت بکار روند.

۹-کنترل آفت تریپس با حشره‌کش‌های سالم‌تر مانند کنفیدور، می‌تواند تا حد زیادی در کنترل بیماری مهم و اقتصادی سفیدک کرکی پیاز مؤثر باشد.

٦-۲-۳-زنگ سیر **Garlic rust**

عامل بیماری ***Puccinia allii***

٦-۲-۳-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار

بیماری زنگ در خانواده پیاز و سیر اولین‌بار از انگلستان و سپس در کشورهای آرژانتین، چین، کالیفرنیا و کانادا مشاهده و گزارش شده است. این بیماری زنگ از بین گونه‌های گیاهی جنس *Allium* بیشترین خسارت اقتصادی را به محصول سیر وارد می‌سازد. در ایران گونه *Puccinia allii* از لرستان، خوزستان، تبریز، گرمسار، ورامین، شهرری و ساری مشاهده گردیده است. مهم‌ترین عامل خسارت به محصول سیر در منطقه بهبهان زنگ سیر می‌باشد (ارشاد، ۱۳۸۸؛ دارابی و دهقانی ، ۱۳۸۹).

٦-۲-۳-۲-علایم بیماری

بیماری زنگ سیر دارای چرخه کامل و دارای همه مراحل زیستی قارچ عامل زنگ است. مرحله اسیدی[1] و اسپرموگونی[2] قارچ به‌ندرت و آن هم در اروپا، ژاپن و چین مشاهده شده است. مرحله اسیدی و اسپرموگونی قارچ به صورت جوش‌هایی با رنگ زرد روشن بوده و پیکنیوم‌های این قارچ به‌صورت نقاط سیاه رنگ در وسط جوش‌ها[3] دیده می‌شوند.

مرحله اوردیوم قارچ به‌صورت جوش‌های کوچک قرمز متمایل به نارنجی و مرحله تلیومی قارچ به‌صورت جوش های سیاه برجسته که تا مرحله رسیدن توسط اپیدرم پیاز پوشیده شده‌اند، ظاهر می گردند. (شکل۳۷).

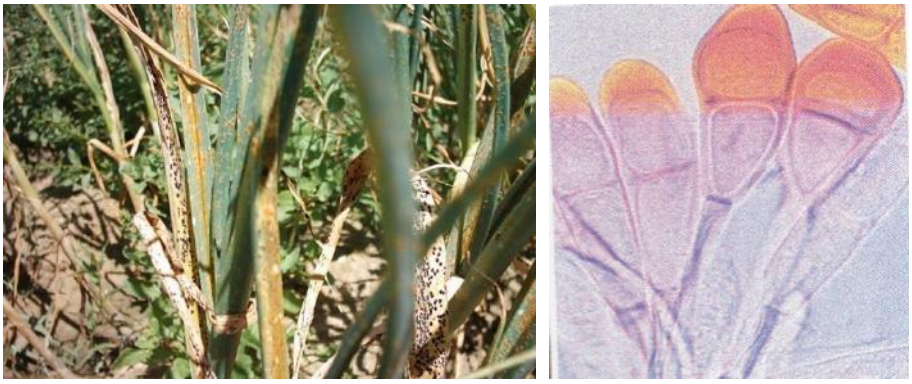
٦-۲-۳-٤-زیست شناسی و چرخه بیماری

قارچ بیمارگر به صورت مراحل یوریدیوم یا تلیوم یعنی اوردوسپور یا تلیوسپور زمستان‌گذرانی می کند. اوردوسپورها در بقاء و پایداری قارچ اهمیت داشته و به‌وسیله باد

1. Aecidium
2.Pycnium
3. Pustules

در مسافت دور پراکنده می‌شوند. نژادهای قارچ با سطوح متفاوتی از بیماری‌زایی گونه‌های جنس *Allium* را آلوده می‌سازند. این بیماری در شرایط رطوبت بالای محیط و بارندگی کم، به شدت گسترش می یابد و غرق شدن اسپورها در آب قدرت و توانایی تندش اسپورها را کاهش می‌دهد. اوردوسپورها برای جوانه‌زنی و آلودگی نیازمند رطوبت نسبی ۹۷ درصد حداقل به مدت چهار ساعت هستند و بیشترین آلودگی در رطوبت ۱۰۰ درصد در دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد.

دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بالای ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای آلودگی قارچ بازدارنده است. همچنین تنش‌های وارده به گیاه (مانند خشکی، رطوبت و نیتروژن زیاد) موجب افزایش بیماری می‌شود.



شکل۳۷-سمت راست، تصویر میکروسکوپی اسپورهای استراحتی، و سمت چپ، جوش‌های قارچ عامل بیماری زنگ سیر *Puccinia allii* روی ساقه و برگ در مزرعه به‌شدت آلوده به بیماری

٦-٢-٣-٥-مدیریت تلفیقی بیماری(IPM):

۱-کاشت سیرچه سالم در مزارع دارای زه‌کشی مناسب

۲-تناوب زراعی با گیاهان غیرمیزبان مانند حبوبات و سیب‌زمینی

۳-رعایت تعادل کودی و تغذیه‌ای براساس آزمون خاک و اجتناب از کاربرد بیش از نیاز نیتروژن، تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم فسفر، کمترین آلودگی به بیماری زنگ را نشان داده است (دهقانی و رفیع، ۱۳۹۱)

۴-کنترل علف‌های هرز و تهویه مناسب

۵- سم‌پاشی به‌موقع جهت جلوگیری از گسترش بیماری یعنی زمانی که جوش‌های زنگ سیر ظاهر شده و پیش‌بینی هواشناسی بیانگر وقوع شرایط رطوبت بالای ۷۵ درصد و دمای بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد برای مدت سه تا پنج روز آینده باشد می‌توان از قارچ‌کش‌های تیلت یا فولیکور استفاده کرد.

رعایت تاریخ کاشت و تراکم مناسب، تاریخ کاشت ۱۵ شهریور و تراکم کاشت ۷۱/۴ بوته در متر مربع (فاصله ۲۰×۷ سانتی‌متر) بهترین عملکرد و کمترین آلودگی به بیماری زنگ سیر را به‌دنبال داشته است (دارابی و دهقانی، ۱۳۸۹).

٦-۲-٤-نماتد ساقه و سوخ Stem and Bulb Nematode

عامل بیماری *Ditylenchus dipsaci* (Kuehn) Filipjev

٦-۲-٤-۱-تاریخچه، اهمیت و انتشار

نماتد ساقه پیاز گسترش جهانی داشته ولی بیشتر در مناطق معتدله شیوع دارد و خسارت می‌زند. این نماتد اولین‌بار در سال ۱۸۷۷ در اروپا شناخته شد. در هلند در سال ۱۸۸۳ گزارش و در ایالات متحده آمریکا اولین‌بار روی پیاز از کاناستوتای نیویورک گزارش شد.

در ایران *Ditylenchus dipsaci* روی یونجه گزارش شده و مطالعات پراکنده‌ای در مورد آن در مناطق استان اصفهان، زنجان و شیراز صورت گرفته است (اخیانی و همکاران، ۱۳۶۵ الف ؛ شاهچراغی و همکاران، ۱۳۷۰؛ شرفه، ۱۳۶۵). این نماتد به حدود ۴۰۰ گونه گیاهی و بیش از ۴۰ خانواده حمله می‌کند ولی نژاد خاصی از آن به پیاز حمله می‌کند. میزبان‌هایی از قبیل سیر، لوبیا، باقلا، کلم، هویج، کرفس، مارچوبه، جعفری، نخود، سیب زمینی و کدو مورد حمله این نماتد قرار می‌گیرند.

٦-۲-٤-۲-علایم بیماری

در مزارع آلوده به نماتد، ساقه و سوخ، ظهور گل‌ها به کندی انجام و سبب توقف رشد گیاه می‌شود. بیش از نیمی از گیاهچه‌های سبز شده زرد و بیمار بوده و برگ‌ها به سمت

سطح خاک خم و پیچیده شده و در امتداد کوتیلدون نواحی برجسته و متورمی دیده می‌شود و بیشتر گیاهچه‌های بیمار ظرف سه هفته بعد از کاشت از بین می‌روند. همان-طوری‌که فصل پیش می‌رود اندم‌های هوایی پیاز و سیر مضمحل شده و سوخ‌های آلوده در ناحیه گردن نرم می‌شوند و لکه‌های نرم و خاکستری روشن در سیر ظاهر شده و علایمی ناشی از آلودگی توسط سوخ در سیر تا اواسط فصل ظاهر نمی‌شوند. سوخ‌های آلوده اغلب خشک، چروک خورده و سبک وزن می‌شوند. هم‌چنین سوخ‌های آلوده به‌کلی پوسیده و نرم شده و در قاعده سوخ سایر عوامل ثانویه از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، لارو حشرات ، تریپس، کنه‌ها و تعدادی از نماتدهای ساپروفیت رشد می‌کنند و بوی بدی از آن استشمام می‌شود.

ظهور علایم روی گیاهان در حال رشد کمابیش بعد از سه هفته شروع شده و شامل کوتولگی، زردی، آماس و زخم‌های باز شده روی برگ است.

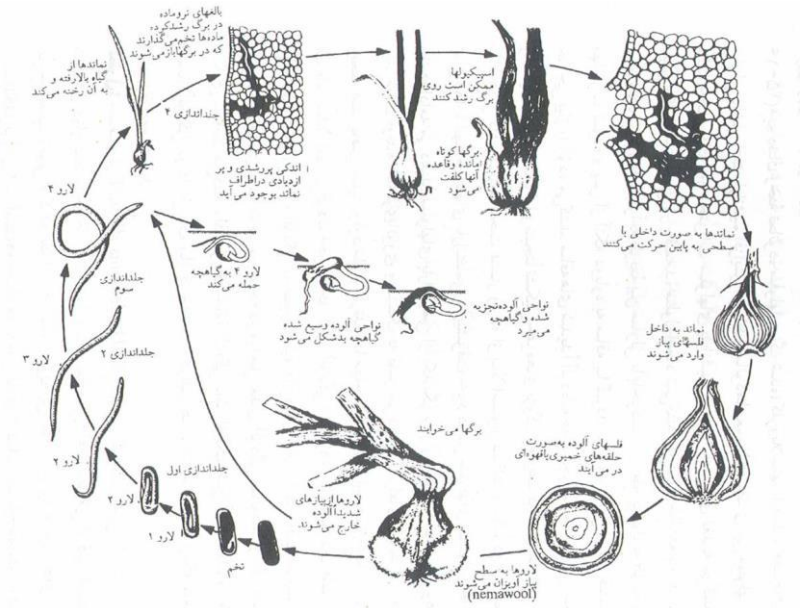
٦-٢-٤-٣-عامل بیماری

عامل بیماری نماتد *Ditylenchus dipsaci* است. که مجموعه‌ای از نژادهای مختلف است که هر کدام به‌وسیله دامنه میزبانی از هم متمایز می‌شوند. تعدادی از نژادها میزبان اختصاصی داشته درصورتی‌که برخی دیگر دامنه وسیع میزبانی دارند.

بیش از ۳۰ نژاد بیولوژیکی از *D. dipsaci* شناخته شده که هر کدام بر اساس اولین گیاه میزبان مربوطه شناسایی و نام‌گذاری شده‌اند.ممکن است مخلوط دو یا بیشتر از آنها در یک مزرعه وجود داشته باشد.

٦-٢-٤-٤-زیست شناسی و چرخه بیماری

وقتی که نماتدها به بذر در حال جوانه‌زدن یا گیاهچه جوان حمله می‌کنند، از نزدیک کلاهک ریشه هیپوکتیل یا از نقاطی که هنوز داخل بذر است وارد می‌شوند. نماتدها بیشتر بین سلول‌ها باقیمانده و در سطح پارانشیم پوست تغذیه می‌کنند (شکل۳۸).



شکل۳۸- چرخه زندگی نماتد سوخ و پیاز *Ditylenchus dipsaci* (آگریوس[1]، ۲۰۰۵).

چرخه زندگی *D. dipsaci* روی گیاهچه میزبان در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در مدت ۲۳-۱۹ روز کامل می‌شود. این نماتد دارای چهار مرحله پوست‌اندازی[2] و چهار مرحله لاروی[3] است که اولین مرحله پوست اندازی در داخل تخم صورت می‌گیرد و در نتیجه لارو سن دو در داخل تخم خواهد بود که وقتی بیرون می‌آید دو روز بعد از تخم-گذاری است و برای بالغ شدن چهار تا پنج روز نیاز دارد. برای تولید مثل نیاز به جفت سازگار دارد. ماده‌ها چهار روز بعد از آخرین مرحله پوست‌اندازی از تخم خارج می‌شوند. ماده‌ها هر روز هشت تا ۱۰ تخم در روز و در مجموع ۵۰۰- ۲۰۰ تخم می‌گذارند. نرها و ماده‌ها در شرایط طبیعی رطوبت و دما ۷۳-۴۵ روز زنده می‌مانند. به هر حال نماتدها به دلیل تحمل به خشکی برای چندین سال در خشکی توان بقاء دارند. مرحله چهارم لاروی نماتد به خشکی مقاوم می‌باشد. رطوبت روی حرکت و جابجایی نماتد مؤثر است. در

1.Agrios
2. Molt
3.Juvenile

طول بارندگی سنگین نماتدها فعال شده و در داخل یک لایه نازک آب به طرف بالای گیاه حرکت کرده و به بافت‌های جوان هوایی و روزنه‌ها داخل می‌شود. هم‌چنین باران و آب سبب انتشار نماتد از گیاهی به گیاه دیگر می‌شود. حرکت افقی نماتدها وقتی فضاهای بین خاک از آب پر شده کمتر از موقعی است که این فضاها خالی هستند.

جمعیت نماتد *D. dipsaci* بستگی به رطوبت خاک و نوع خاک و گیاه میزبان دارد. در خاک‌های رسی سنگین آلودگی برگ‌ها در طول تابستان و زمستان افزایش می‌یابد. این نماتد به‌طور کلی سرمادوست و در برابر حرارت حساسیت دارد.

٦-٢-٤-٥-مدیریت تلفیقی بیماری (IPM)

۱- اگرچه این نماتد دامنه میزبانی وسیع دارد ولی با تناوب کشت به‌طور مؤثری کنترل خواهد شد.

۲- تناوب کشت سیر و پیاز با گیاهان غیر میزبان به مدت چهار سال (مانند گندم، ذرت، حبوبات، کلزا، کاهو، گوجه‌فرنگی، چغندر و سیب‌زمینی)

۳- بهداشت زراعی، حذف و انهدام گیاهان آلوده و بقایای گیاهی آلوده، سیر و علف‌های هرز میزبان

۴- کاشت پیاز و سیر و گیاهان میزبان در خاک‌های غیرآلوده.

۵- کاشت بذور و سیرچه‌های سالم و عاری از نماتد در کنترل این نماتد مهمّ و مؤثر است.

۶-ضدعفونی خاک با استفاده از روش‌های تلفیقی آفتاب‌دهی خاک یا کاربرد واپام

۷-استفاده از آب گرم ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت برای ضدعفونی بذر و نیز استفاده از فرمالدئید ۰/۵

٦-٣-علف‌های هرز و کنترل آن‌ها در مزارع سیر

سیر و پیاز به دلیل ارتفاع کم، ریشه‌های کم عمق برگ‌های باریک و عمودی و درنتیجه کانوپی کم تراکم، رقابت کننده ضعیفی با علف‌های هرز هستند (قاسم[1]، ۱۹۹۶؛

1. Qasem

گوشه و آلشنگ[1]، ۲۰۰۰؛ بوی دستون و سینور[2]، ۲۰۰۲؛ گوشه[3]، ۲۰۰۴). در بعضی مناطق فاصله زمانی کاشت تا برداشت حدود ۹ ماه طول می کشد و در این مدت از حضور علف‌های هرز در زمین آسیب می‌بیند. خسارت علف‌های هرز با توجه به شرایط آب و هوایی در هرسال متفاوت می‌باشد. اما افزایش فراوانی آن‌ها در واحد سطح سبب افزایش خسارت‌زایی آن‌ها می‌شود (پاتریک و ترانلا[4]، ۲۰۰۳). دوره بحرانی خسارت علف‌های هرز در این دو محصول را هشت تا ۱۰ هفته و گاهی تمام دوره رویش می‌دانند. در کنترل علف‌های هرز گزینه‌های مختلفی از قبیل کنترل زراعی (کارایی و یاکوبو[5]، ۲۰۰۶)، کنترل فیزیکی (شیمی و فقیه[6]، ۲۰۰۴)، کنترل مکانیکی (الیرزاف[7]، ۱۹۸۹؛ محمود و همکاران[8]، ۲۰۰۷) و کنترل شیمیایی (قاسم، ۱۹۹۶؛ تونکو[9]، ۱۹۹۷؛ تونکو و همکاران[10]، ۲۰۰۷) مطرح هستند. استفاده از روش‌های مکانیکی و به‌ویژه وجین دستی مشکل بوده و فراهمی کارگر در زمان کنترل قابل‌اعتماد نیست. این امر بر لزوم بررسی و یافتن روشی جایگزین با کارایی بیشتر و بدون نیاز به کارگر تأکید دارد (الیرزاف، ۱۹۸۹). استفاده از علف‌کش‌ها می‌تواند به‌عنوان راهکاری جایگزین جهت کاهش نیاز به نیروی کارگر، کاهش هزینه‌ها و افزایش سودمندی تولید سیر مطرح باشد (احمد و کاندیل[11]، ۱۹۹۱).

علف‌های هرزی که در پیاز و سیر رشد می‌کنند بخشی از علف‌های هرز زمستانه و بسیاری از علف‌های هرز تابستانه به‌حساب می‌آیند. علف‌های هرز رویش یافته در مزارع سیر و پیاز شامل علف‌های هرز یک‌ساله باریک برگ (هشت گونه)، یک‌ساله پهن‌برگ

2. Ghosheh and Al-Shannag
3. Boydston and Seymour
4. Ghosheh
5. Patrick and Tranela
6. Karaye and Yakubu
7. Shimi and Faghih
8. Alirzaev
9. Mahmood et al.
10. Tunku
11. Tunku et al.
12. Ahmed and Kandeel

(۱۲ گونه) و چندساله‌ها یا دائمی‌ها (۱۰ گونه) می‌باشند. برخی از مزارع نیز بـه علـف هـرز انگل سس آلوده هستند. در جدول شماره ۱۵ شامل اسامی مهم‌ترین علف‌های هـرز مـزارع سیر ایران ذکر می‌گردد (موسوی، ۱۳۹۴؛ زند و همکاران، ۱۳۹۸).

جدول ۱۵- مهم‌ترین علف‌های هرز مهم سیر و پیاز (زند و همکاران، ۱۳۹۸)

ردیف	نام فارسی	نام علمی	خانواده	مسیر فتوسنتزی
علف‌های هرز باریک برگ یک‌ساله				
۱	یولاف وحشی (دوسر)	*Avena* sp.	Poaceae (Gramineae)	C3
۲	چچم	*Lolium* spp.	Poaceae (Gramineae)	C3
۳	جو وحشی	*Hordeum* spp.	Poaceae (Gramineae)	C3
۴	دانه قناری (فالاریس)	*Phalaris minor*	Poaceae (Gramineae)	C3
۵	دم روباهی کشیده	*Alopecurus myosuroides*	Poaceae (Gramineae)	C3
۶	علف پشمکی	*Bromus japanicus*	Poaceae (Gramineae)	C3
۷	سوروف	*Echinochola crus-galli*	Poaceae (Gramineae)	C4
۸	ارزن وحشی	*Setaria viridis*	Poaceae (Gramineae)	C4
علف‌های هرز پهن‌برگ یک‌ساله				
۹	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	Brassicaceae (Cruciferae)	C3
۱۰	تاج خروس	*Amaranthus* spp.	Amaranthaceae	C4
۱۱	سلمه تره (سلمک)	*Chenopodium murale*	Amaranthaceae	C3
۱۲	شاه‌تره برگ‌ریز	*Fumaria offcinalis*	Fumariaceae	C3
۱۳	وایه (گل سفید)	*Ammi majus*	Apiaceae (Umbelliferae)	C3
۱۴	یونجه باغی (شاه افسر)	*Melilotus officinalis*	Fabaceae (Leguminosae)	C3
۱۵	ماشک	*Vicia* spp.	Fabaceae (Leguminosae)	C3

ادامه جدول ۱۵

۱۶	گلرنگ وحشی	*Carthamus oxyacanthus*	Asteraceae (Compositae)	C3
۱۷	گندمک براق (آناغالیس)	*Anagalis arvensis*	Primulaceae	C3
۱۸	هفت بند	*Polygonum avicular*	Polygonaceae	C3
۱۹	تاج ریزی	*Solanum nigrum*	Solanaceae	C3
۲۰	چغندر وحشی	*Beta maritime*	Chenopodiaceae	C3
	علف‌های هرز چندساله (دائمی)			
۲۱	پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis*	Convolvulaceae	C3

ادامه جدول ۱۴

۲۲	پنیرک (توله)	*Malva* spp.	Malvacae	C3
۲۳	اویارسلام	*Cyperus* spp.	Cyperaceae	C4
۲۴	خارشتر	*Alhagi persarum*	Fabaceae (Leguminosae)	C3
۲۵	شیرین بیان	*Glycyrrhiza glabra*	Fabaceae (Leguminosae)	C3
۲۶	تلخه	*Acroptilon repens*	Asteraceae (Compositae)	C3
۲۷	کنگر وحشی	*Cirsium arvense*	Asteraceae (Compositae)	C3
۲۸	ازمک	*Cardaria draba*	Brassicaceae (Cruciferae)	C3
۲۹	مرغ	*Cynodon dactylon*	Poaceae (Gramineae)	C4
۳۰	قیاق	*Sorghum halepens*	Poaceae (Gramineae)	C4

در پایان این بخش تصاویر علف‌های هرز بالا نمایش داده شده است (شکل علف‌های هرز خانواده گرامینه به ترتیب از چپ به راست شامل گیاهچه، زبانک و گوشوارک، گل آذین؛ شکل علف‌های هرز پهن برگ به ترتیب از چپ به راست شامل مراحل گیاهچه، گلدهی و تشکیل دانه و شکل علف هرز انگل سس شامل مراحل تشکیل ساقه، گلدهی و تشکیل میوه می‌باشد).

٦-۳-۱- روش‌های مدیریت علف‌های هرز در سیر

مهم‌ترین روش‌هایی که در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بکار می‌رود شامل پیش‌گیری، مکانیکی (فیزیکی)، زراعی، بیولوژیکی و شیمیایی است (زند و همکاران، ۱۳۸۷ الف و ب).

شناسایی علف‌های هرز و تعیین تراکم آن‌ها در واحد سطح از اصول اولیه مدیریت علف‌های هرز است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۸).

٦-۳-۱-۱- روش مکانیکی

با توجه به اهمیت زیاد علف‌های هرز بیشتر کشاورزان بخش قابل‌توجهی از آن‌ها را به‌طور دستی کنترل می‌کنند لذا برای کنترل علف‌های هرز در سطوح کوچک به‌طور معمول مزرعه وجین دستی می‌شود. درصورتی‌که فاصله بوته‌ها مناسب باشد و کشت به‌صورت ردیفی باشد می‌توان از کولتیواتور برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف استفاده کرد. اولین وجین علف‌های هرز را باید خیلی زود و در مراحل اول رویش آن‌ها آغاز کرد تا علف‌های هرز تثبیت نشوند و برحسب ضرورت هر هفت تا ۱۰ روز یک‌بار تکرار کرد. طبیعی است که علف‌های هرزی که در روی ردیف‌های کشت می‌رویند با ماشین قابل‌کنترل نبوده و باید با دست و یا علف‌کش کنترل شوند. در بسیاری از کشورها کنترل علف‌های هرز سیر را با تلفیق روش‌های مکانیکی و شیمیایی و البته زراعی انجام می‌دهند. شخم قبل از کاشت برای از بین بردن علف‌های هرز موجود و زیر خاک کردن بذور علف‌های هرز می‌تواند کمک مؤثری باشد. هرگاه بتوان دو شخم متوالی را به فاصله ۱۰ تا ۱۵ روز اجرا نمود و رطوبت خاک نیز فراهم باشد جمعیت زیادی از علف‌های هرز از بین خواهند رفت (موسوی، ۱۳۹۴).

٦-۳-۱-۲- روش زراعی

الف- ماخار

آبیاری قبل از کاشت و اجازه دادن به علف‌های هرز برای رویش و سپس از بین بردن آن‌ها توسط خاک‌ورزی بسیار کم‌عمق و یا با کاربرد علف‌کش‌های پاراکوات یا گلیفوزیت (موسوی، ۱۳۹۶).

ب- تقویت بوته‌ها

رعایت اصول به‌زراعی شامل کاشت به‌موقع، عمق کاشت مناسب، تهیه بستر بهینه برای رشد و نمو محصول، حاصلخیز بودن و تقویت خاک، به‌سازی فیزیکی و شیمیایی خاک، تغذیه کامل، کنترل آفات و بیماری‌ها ، آبیاری کافی و تأمین رطوبت مناسب برای رویش موجب رقابت بهتر بوته‌ها با علف‌های هرز خواهد شد (زند و همکاران، ۱۳۸۷ب).

٦-۳-۱-۳-روش شیمیایی

تاکنون سه پهن‌برگ کش، چهار باریک برگ کش و دو علف‌کش دومنظوره برای این محصول توصیه‌شده است (موسوی، ۱۳۹۴؛ زند و همکاران، ۱۳۹۸) (جدول ۱۶).

جدول ١٦- علف‌کش‌های توصیه‌شده برای مزارع سیر و پیاز ایران (زند و همکاران، ۱۳۹۸)

ردیف	نام عمومی	نام تجاری	محل عمل	فرمولاسیون	مقدار مصرف (هکتار)	زمان مصرف
			پهن برگ کش			
۱	آیوکسینیل	توتریل	بازدارنده PSII	EC 22.5%	۲-۳ لیتر	۳ برگی سیر و اوایل رویش علف‌های هرز
۲	بروموکسینیل	پاردنر	بازدارنده PSII	SL 22.5%	۲-۳ لیتر	۲-۴ برگی علف‌های هرز
			باریک برگ کش			
۳	هالوکسی فوپ آر متیل	گالانت سوپر	بازدارنده ACCase	EC 10.8%	۰/۸-۱ لیتر	۳ برگی تا ساقه دهی باریک برگ‌ها
۴	ستوکسیدیم	نابواس	بازدارنده ACCase	EC 12.5%	۳ لیتر	۳ برگی تا ساقه دهی باریک برگ‌ها
۵	سیکلوکسیدم	فوکوس	بازدارنده ACCase	EC 10%	۲ لیتر	۳ برگی تا ساقه دهی باریک برگ‌ها
۶	کلتودیم	سلکت سوپر	بازدارنده ACCase	EC 12%	۱/۲ لیتر	۳ برگی تا ساقه دهی باریک برگ‌ها

ادامه جدول ۱۶

دومنظوره (پهن برگ و باریک برگ کش)						
۷	کلرتال دی متیل	داکتال	بازدارنده Mitosis	WP 75%	۸-۱۲ کیلوگرم	پیش رویشی
۸	پندی متالین	استامپ	بازدارنده Mitosis	EC 33%	۳-۴ لیتر	پیش رویشی
۹	اکسی فلورفن	گل	بازدارنده PPO	EC 24%	کشت مستقیم ۱/۵ لیتر و در کشت نشایی ۲ لیتر	۳ برگی سیر و اوایل رویش علف‌های هرز
۱۰	اگزادیازو ن	رونستار	بازدارنده PPO	EC 25%	۲-۳ لیتر	پیش رویشی، اویارسلام را نیز کنترل می کند.
۱۱	اگزادیارژ یل	تاپ استار	بازدارنده PPO	EC 3%	۲-۳ لیتر	پیش رویشی
علفکش های عمومی						
۱۲	گلیفوزیت	رانداپ	بازدارنده EPSPS	SL 41%	۴-۶ لیتر	قبل از کاشت سیر و پیاز بکار می‌رود
۱۳	پاراکوات	گراماکسون	بازدارنده PSI	SL 20%	۳-۴ لیتر	قبل از کاشت سیر و پیاز بکار می‌رود

۶-۳-۱-۳-۱-شناخت و نحوه کاربرد علف‌کش‌هایی که در سیر استفاده می‌گردند

۶-۳-۱-۳-۱-۱- پهن برگ کش‌ها

آیوکسی‌نیل (توتریل) به مقدار دو تا سه لیتر در هکتار از فرمولاسیون ۲۲/۵ درصد در مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز پهن‌برگ بکار می‌رود.

برموکسینیل (پاردنر) به مقدار دو تا سه لیتر در هکتار از فرمولاسیون ۲۲/۵ درصد در مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز پهن‌برگ بکار می‌رود.

این دو علف‌کش در زمانی مصرف می‌شوند که گیاه دو برگ اصلی خود را کامل کرده باشد. مصرف در زمانی که پیاز و سیر به پنج برگی رسیده باشند زیان‌بار است. این علف‌کش‌ها پهن برگ‌ها را کنترل کرده ولی روی باریک برگ‌ها اثری ندارند. این علف‌کش‌ها را می‌توان دو بار به فاصله دو هفته پاشید. توصیه می‌شود یک نوبت با آیوکسی‌نیل و نوبت دیگر با اکسی‌فلورفن سم‌پاشی شود. این دو علف‌کش سمیت زیادی دارند و باید در هنگام کار با آن‌ها احتیاطات لازم را مبذول نمود (زند و همکاران، ۱۳۸۷ الف ؛ نوربخش، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-۲-باریک برگ‌کش‌ها

برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ (گرامینه) بکار می‌روند. این علف‌کش‌ها شامل گالانت سوپر، نابواس، فوکوس و سلکت سوپر می‌باشد. این علف‌کش‌ها باید در زمانی مصرف نمود که علف‌های هرز باریک برگ در مرحله ۳-۴ برگی باشند و در حالت رشد فعال باشند. برای تأثیر بهتر توصیه می‌شود از مویان‌ها به میزان ۰/۵ تا ۱ لیتر در هکتار به دستگاه سم‌پاش اضافه شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نوربخش، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-۳-علف‌کش‌های دو منظوره

٦-۳-۱-۳-۱-۳-۱-کلرتال دی متیل (داکتال)

این علف‌کش سازگاری زیادی با آلیوم‌ها دارد و بنابراین در تره، پیاز و سیر قابل‌استفاده می‌باشد. به مقدار ۸-۱۲ کیلوگرم در هکتار از پودر ۷۵ درصد بعد از بذرپاشی، در سطح خاک به‌کار می‌رود. این علف‌کش در علف‌های هرز مانع تقسیم سلولی می‌گردد. بعد از سم‌پاشی مزرعه را باید آبیاری کرد. این علف‌کش علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ مهمی مانند سلمک، خرفه، گندمک، تاج خروس، علف خرچنگی، سوروف و ارزنک را کنترل می‌کند. به دلیل مصرف زیاد آن از یک‌سو و کم اثر بودن آن در خاک خشک از سویی دیگر مصرف آن معمول نشده است. اگر این علف‌کش را قبل از چسبیدن رشته‌های علف هرز سس روی خاک بپاشیم در حد مطلوبی

سس را کنترل می کند. برای تأثیر آن باید خاک مرطوب باشد و یا آبیاری بارانی صورت گیرد. دوام آن در خاک حداکثر سه هفته است و اگر آلودگی شدید باشد باید دو بار سم‌پاشی کرد (موسوی، ۱۳۹۴؛ زند و همکاران، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-۳-۲-پندی‌متالین (استامپ)

در اراضی رسی سازگاری خوبی با پیاز دارد و به مقدار سه تا چهار لیتر در هکتار از فرمولاسیون ۳۳ درصد در مرحله کاشت پس از بذرپاشی بکار می‌رود (پیش رویشی). در این صورت دوام آن روی خاک حداکثر پنج روز است. پندی‌متالین بسیاری از علف‌های هرز به‌خصوص باریک‌برگ‌ها را کنترل می کند. این علف کش در اراضی شنی به‌کار نمی‌رود زیرا این علف کش از لایه شنی عبور کرده و به بذرها رسیده و از رویش طبیعی آن‌ها جلوگیری می کند. این علف کش باید طوری مصرف شود که با بذر برخورد نداشته باشد و در غیر این صورت از مصرف آن چشم‌پوشی کرد (موسوی، ۱۳۹۴؛ زند و همکاران، ۱۳۹۸).

٦٦-۳-۱-۳-۱-۳-۳-۱اکسی فلورفن (گل)

این علف کش به میزان ۲-۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله دوبرگی پیاز و علف‌های هرز به‌کار می‌رود. این علف کش پس از کاربرد در سطح باقی‌مانده و علف‌های هرز در حال رویش را از بین می‌برد. پس از سم‌پاشی نباید سطح خاک برهم بخورد، در غیر این صورت از تأثیر آن کم خواهد شد. گاهی توصیه می‌شود این علف کش در دو مرحله و هر بار ۱-۰/۷۵ لیتر در هکتار از فرمولاسیون ۲۴ درصد آن به فاصله ۱۸ روز بکار رود. ممکن است روی پیاز آثار سویی باقی بگذارد، اما این گیاه‌سوزی پایدار نبوده و بر محصول اثری نخواهد داشت. بهترین اثر اکسی فلورفن وقتی است که هوا مه‌آلود و مرطوب باشد و در هوای خشک و آفتابی اثر آن کمتر خواهد بود (زند و همکاران، ۱۳۸۷ الف و ب؛ موسوی، ۱۳۹۴، نوربخش، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-۱-۳-٤-۱-اگزادیازون (رونستار)

این علف‌کش به میزان دو تا سه لیتر در هکتار بعد از مرحله دوبرگی پیاز و سیر و دو تا پنج برگی علف‌های هرز به‌کار می‌رود. سه لیتر به‌صورت پیش رویشی و دو لیتر به‌صورت پس رویشی مخلوط با باریک‌برگ‌کش‌ها استفاده می‌شود. این علف‌کش را می‌توان به مقدار سه تا پنج لیتر در هکتار برای کنترل پیچک صحرایی در پیاز و سیر مصرف نمود. این علف‌کش اگر رطوبت کافی موجود باشد بسیاری از علف‌های هرز در حال جوانه زدن و نورسته را هم کنترل می‌کند. ولی این علف‌کش تنها برای مزارعی توصیه می‌شود که پیچک صحرایی در آن مشکل‌ساز باشد (موسوی، ۱۳۹۴؛ زند و همکاران، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-۳-٥-۱-اگزادیارژیل (تاپ استار)

تاپ استار به میزان ۲-۳ لیتر در هکتار بعد از مرحله دوبرگی پیاز و سیر و دو تا پنج برگی علف‌های هرز بکار می‌رود. مقدار مصرف آن بستگی به تراکم علف هرز دارد (موسوی، ۱۳۹۴؛ نوربخش، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-٤-٥-علف‌کش‌های عمومی

٦-۳-۱-۳-۱-٤-۱-گلیفوزیت (رانداپ)

این علف‌کش برای از بین بردن علف‌های هرزیست که در زمین آماده کشت سبز کرده و یا از قبل باقی‌مانده باشند. برای این کار توصیه می‌شود محلول ۱/۵ درصد این علف‌کش تهیه و روی علف‌های هرز اسپری گردد (راشد محصل، ۱۳۸۸؛ نوربخش، ۱۳۹۸).

٦-۳-۱-۳-۱-٤-۲-پاراکوات (گراماکسون)

گراماکسون برای از بین بردن علف‌های هرزی که قبل از پیاز و سیر رشد می‌کنند به‌کار می‌رود. مقدار توصیه‌شده آن سه تا پنج لیتر در هکتار یا محلول ۱ درصد می‌باشد.

بدیهی است این سم‌پاشی باید قبل از رویش محصول انجام شود (راشد محصل، ۱۳۸۸؛ موسوی، ۱۳۹۴).

٦-٣-٢-تصاویر مهم‌ترین علف‌های هرز سیر

(شکل ۳۹ تا ۴۶ و ۶۷ تا ۶۸ به ترتیب از چپ به راست شامل گیاهچه، زبانک و گوشوارک، گل آذین علف‌های هرز باریک‌برگ و شکل‌های ۴۷ تا ۶۶ به ترتیب از چپ به راست شامل مراحل گیاهچه، گل‌دهی و تشکیل دانه علف‌های هرز پهن‌برگ و شکل ۶۹ شامل مراحل تشکیل ساقه، گل‌دهی و تشکیل میوه علف هرز انگل سس می‌باشد).

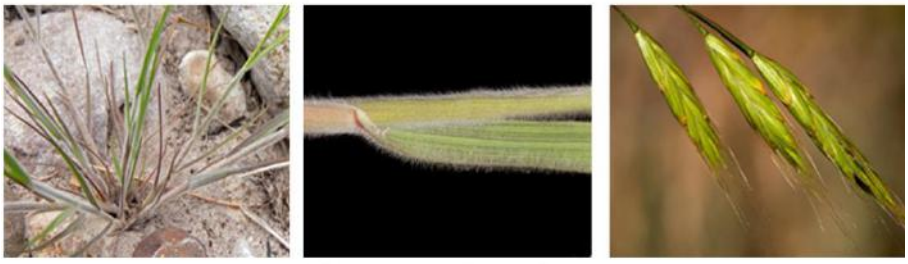
39-*Avena* sp.

40- *Lolium* spp.

41- *Hordeum* spp.

42- *Phalaris minor*

43- *Alopecurus myosuroide*



44- *Bromus japanicus*

45- *Echinochola crus-galli*

46- *Setaria viridis*

47- *Sinapis arvensis*

48- *Amaranthus* spp.

49- *Chenopodium* sp.

50- *Fumaria offcinalis*

51- *Ammi majus*

52- *Melilotus officinalis*

53- *Vicia* sp.

54- *Carthamus oxyacan-*

55-*Anagalis arvensis*

56- *Polygonum avicular*

57- *Solanum nigrum*

58- *Beta maritime*

59-*Convolvulus arvensis*

60- *Malva* spp.

61- *Cyperus* spp.

62- *Alhagi persarum*

63- *Glycyrrhiza glabra*

64- *Acroptilon repens*

65- *Cirsium arvense*

67- *Cynodon dactylon*

63- *Glycyrrhiza glabra*

68- *Sorghum halepens*

69-*Cuscuta* sp.

فصل هفتم

لیلا بهبهانی

انبارمانی و بعد از برداشت

روش‌های سنتی ذخیره سیر منجر به از بین رفتن و تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از آفات و حشرات می‌شود. کل ضایعات ناشی از ذخیره‌سازی در شرایط محیطی ۲۵ تا ۴۰ درصد است (تریپاتی و لاوانده[1]، ۲۰۰۶). شرایط نگهداری، عمل‌آوری[2] و نگهداری پس از برداشت از فاکتورهای مهمی است که بر ذخیره سیر تأثیر می‌گذارد. این مشکلات انبارداری با بهبود فن‌آوری‌های پس از برداشت و ساختار انبارها تا حد زیادی می‌تواند برطرف شود. طولانی شدن مدت زمان نگهداری سیر، سود بیشتری برای تولیدکنندگان و بازرگانان در پی خواهد داشت. از این رو، اطلاعات علمی در مورد انبارداری سوخ‌های سیر برای کاهش ضایعات پس از برداشت محصول مورد نیاز است.

انبارداری مناسب به دلیل افزایش تقاضا برای محصول با کیفیت سیر، برای افزایش عرضه مداوم و بازاریابی در بازارهای داخل و خارج از کشور بسیار ضروری است. عوامل اصلی قبل و پس از برداشت که بر ذخیره سیر تأثیر می‌گذارند توسط پتروپولوس و

1. Tripathi and Lawandeh
2. Curing

همکاران[1] (۲۰۱۷) به خوبی توصیف شده‌اند. آنها گزارش کردند که ژنوتیپ، آبیاری، تغذیه، عوامل شیمیایی و مرحله برداشت از فاکتورهای اصلی پیش از برداشت و عمل‌آوری سوخ، شرایط انبارمانی و تیمارهای حین فرآوری از فاکتورهای اصلی پس از برداشت هستند. تأثیر شرایط و پارامترهای مختلف نگهداری بر روی خصوصیات کیفی سیر توسط وازکز-باریوس و همکاران[2] (۲۰۰۶) و پللگرینی و همکاران[3] (۲۰۰۰) گزارش شده است.

۷-۱-عمل‌آوری و خشک کردن

در مناطقی با شرایط آب و هوایی گرم، سوخ‌ها پس از برداشت به صورت ردیفی بر روی زمین قرار داده می‌شوند تا خشک شوند و با پوشاندن آنها در زیر باقی مانده‌ی برگ‌ها، از مجاورت در برابر نور مستقیم خورشید محافظت می‌شوند. در مناطقی که رطوبت در زمان برداشت بالا است یا احتمال بارندگی وجود دارد سوخ‌ها در مکان‌های سربسته عمل‌آوری می‌شوند. ماشین‌های تغییر یافته برداشت سیب‌زمینی امکان برداشت مکانیزه سیر و فرآوری آن را در زمان مناسب فراهم می‌نمایند. به منظور جابه‌جایی یا نگهداری خانواده پیازی‌ها در انبار، خشک کردن کامل و نگهداری آنها در حالت خواب ضروری است. خشک کردن مناسب سوخ برای بازاریابی آنها ضروری است. بسیاری از ضایعات پس از برداشت پیازی‌ها ناشی از خشک کردن نامناسب می‌باشد. سیر و پیاز همانند بسیاری از گیاهان مناطق معتدل پس از یک دوره رشد فعال بسته به شرایط آب و هوایی، یک دوره خواب را سپری می‌کنند. سوخ‌هایی که به طور کامل در مرحله خواب نباشند به آسانی در معرض آسیب‌های ناشی از ریز زنده‌ها قرار گرفته و به آسیب‌های فیزیکی نیز حساس‌تر می‌باشند. خشک شدن ریشه، برگ‌ها و پوسته سیرچه‌ها نشانگر خشک شدن کامل سوخ‌ها می‌باشد ولی هدف از عمل‌آوری، خشک کردن سوخ‌های سیر

1. Petropoulos et al.
2. Vazquez-Barrios et al.
3. Pellegrini et al.

است تا حدی که گردن سوخ به طور کامل خشک و بسته شده و از ورود ریززندههای بیماریزا به درون سوخ سیر جلوگیری شود و سوخهای خشکی با رنگ و بافت یکنواخت پوسته خارجی و بدون شکستگی تولید گردد. با خشک شدن کامل خانواده پیازیها گردن آنها زمانی که بین دو انگشت فشرده میشود پیچیده نمیشود و به آسانی جدا میگردد. بستهبندی قبل از خشک شدن کامل، به ضایع شدن آنها سرعت میبخشد (کوراه و پروکتر[1]، ۱۹۹۰).

روشهای عملآوری پس از برداشت به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. مناطقی که دارای آب و هوای گرم و خشک هستند، عملآوری و بستهبندی محصول در مزرعه انجام میشود. در مناطق مرطوب و معتدل، برداشت محصول به صورت مکانیکی انجام شده و خشک کردن مصنوعی و هوادهی برای عملآوری سیر و تولید محصولی با کیفیت بالا ضروری است (بروستر، ۱۹۹۴). در نواحی که طول دوره گرما کوتاه و بدون بارندگی است، سوخ به بهترین وجه در مکانی سایهدار و بر روی طبقهای سیمی (شکل ۷۰) خشک میگردد. این فرآیند ممکن است ۱۰-۵ روز یا ۴-۳ هفته به طول انجامد که خود بستگی به مقدار رسیدگی سوخها در زمان برداشت و شرایط بعدی نگهداری دارد.

شکل ۷۰-خشک کردن روی طبقهای سیمی و به صورت ردیفی بر روی زمین

1.Currah and Proctor

نتایج آزمایشات بیات و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که در طول فرآیند خشک کردن پس از برداشت توده سیر سفید همدان، هر چه مقدار رطوبت سوخ در زمان برداشت بالاتر باشد نیاز به شرایط دمایی ملایم‌تر برای خشک کردن دارد. به این دلیل در توده سیر سفید همدان اگر سوخ‌ها، در مرحله‌ای که نوک جوان‌ترین برگ‌های سیر، حداقل در ۷۰ درصد بوته‌های سطح مزرعه شروع به زرد شدن نمودند برداشت شودند، شرایط دمایی بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد مناسب است و دمای بالاتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای خشک کردن پس از برداشت سوخ‌های سیر برداشت شده در زمانی که کل برگ‌ها در ۷۰ درصد بوته‌ها به‌طور کامل زرد شوند، توصیه گردید. برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از گرما باید فرآیند خشک کردن توده سیر رامهرمز در شرایط طبیعی یا شرایط مصنوعی و دمای کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد.

روش سنتی برداشت شامل بیرون کشیدن سوخ از خاک است. سوخ‌های سیر را پس از آن به صورت ردیف‌هایی بر روی زمین قرار می‌دهند تا خشک شوند. سوخ‌ها باید از مجاورت در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شوند زیرا بر اثر آفتاب سوختگی بافت‌های بیرونی پوسته از بین رفته و شکل ظاهری سوخ‌ها نامناسب می‌شود و ریززنده‌های عامل پوسیدگی سوخ گسترش می‌یابند. سوخ‌ها تا قبل از جدا کردن برگ‌ها و بسته‌بندی در کارتن‌ها یا کیسه‌ها برای مدت یک تا دو هفته در مزرعه باقی می‌مانند. اگر سوخ‌های سیر خیلی رسیده باشند به طوری که گردن آنها نرم و خشک شده باشد هنگام بیرون کشیدن از خاک، برگ‌ها جدا می‌شوند. خانواده پیازی‌ها برای خشک شدن به صورت ردیف‌هایی در مزرعه یا درون سبدها خشک می‌شوند. پوست سوخ سیر پس از برداشت مرطوب است و در صورتی که با برگ‌های آلوده پوشیده شوند رشد قارچ‌هایی مانند بوتریتیس سینرا[1] موجب ایجاد لکه‌های سیاه رنگ بر سطح آنها می‌شود. رطوبت اساس پوسیدگی سوخ‌های سیر است که جوانه‌زنی را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین ظاهر و توانایی بالقوه ماندگاری سوخ‌های سیر در انبار برای محصولاتی که در نواحی معتدل و در مزرعه

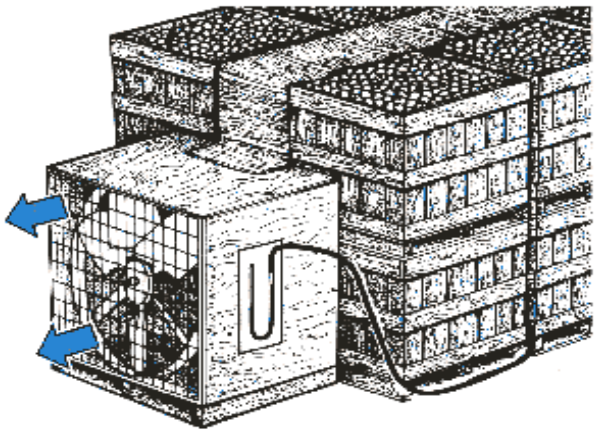
1.. Botrytis cinerae

خشک شده‌اند قابل پیش‌بینی نیست (بروستر،۱۹۹۴). در حال حاضر در انگلستان و هلند اغلب سوخ‌ها را به صورت مصنوعی خشک می‌کنند. زمانی که ۵۰ تا ۸۰ درصد گیاهان سطح مزرعه گردن نرم داشته و برگ‌ها در حال افتادن باشند برای برداشت آماده هستند. در انبارها سوخ‌ها تا ارتفاع۳/۵ الی چهار متر به صورت توده‌ای بر روی یکدیگر قرار داده می‌شوند. هوا توسط دستگاه تهویه با دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۵-۲۵ درصد از بین توده‌ها با دبی ۴۲۵ متر مکعب بر ساعت بر تن عبور داده می‌شود تا رطوبت سطحی به سرعت خارج و گردن سوخ‌ها خشک شود، در نتیجه از ایجاد لکه‌های رنگی بر روی سطح پوست و پوسیدگی محصول جلوگیری شود (بروستر، ۱۹۹۴). موقعی که سطح سوخ‌های سیر خشک شوند به طوری که پوسته‌ها صدای خش‌خش[1] دهند هوا به منظور تهویه محصول چرخش داده می‌شود و هوای خشک بیرون، رطوبت نسبی را در کمتر از ۷۵ درصد نگه می‌دارد (بروستر، ۱۹۹۴). در مناطقی که امکان خشک کردن طبیعی محصول وجود ندارد یا مواقعی که نیاز به خشک کردن سریع محصول است از روش خشک کردن مصنوعی استفاده می‌شود. در خشک کردن مصنوعی می‌توان عملیات خشک کردن را با هوا و بدون گرم کردن یا با هوای گرم انجام داد. با روش اول که در (شکل ۷۱) نشان داده شده است، بسته به دما و رطوبت نسبی محیط، مدت زمان خشک کردن سه تا هفت روز به طول می‌انجامد.

هزینه اولیه برای چنین دستگاهی پایین است ولی خطر آلودگی و نرم شدن گردن سوخ‌ها و امکان شیوع بیماری‌های پس از برداشت افزایش می‌یابد. با عایق‌بندی دیواره دستگاه نمایش داده شده در(شکل ۷۲) راندمان انرژی بیشتر می‌شود. خشک کردن مصنوعی با استفاده از هوای گرم، کامل‌تر و مدت زمان خشک کردن نیز کوتاه‌تر است. در این روش از تجهیزاتی مانند تجهیزاتی که برای خشک کردن دانه‌ها، بادام‌زمینی یا توتون و تنباکو به کار می‌رود استفاده می‌شود و در مدت زمان ۴۸ تا ۷۲ ساعت بسته به وضعیت سوخ‌ها و شرایط آب و هوایی عملیات خشک کردن انجام می‌شود. هوای گرم

1.. Rustle

شده تا ۱۰۰ درجه فارنهایت برای خشک کردن سریع سوخ‌ها کافی است ولی در دمای بالاتر از ۱۱۰ درجه فارنهایت به سوخ‌ها آسیب می‌رسد. در مواردی برای خشک کردن، هوا به صورت جزیی چرخیده می‌شود و رطوبت نسبی هوا با تغییر نسبت هوای بیرون و جریان هوای گرم تنظیم می‌شود تا سرعت خشک کردن سوخ‌های سیر کنترل شده و از اتلاف انرژی نیز جلوگیری شود. دمای مرطوب ۸۵ تا ۹۰ درجه فارنهایت شرایط مناسب خشک کردن را از نظر سرعت و مصرف بهینه انرژی فراهم می‌کند.



شکل ۷۱- خشک کردن پس از برداشت سوخ سیر با دمنده و بدون سیستم گرم کننده

شکل ۷۲- خشک کردن پس از برداشت سوخ سیر با دمنده و بدون سیستم گرم کننده در فضای بسته و عایق‌بندی شده

پنکه‌ها هوا را از بین سوخ‌ها خارج می‌کنند ولی در انتخاب آنها باید دقت شود تا سرعت هوا کافی و بدون افت انرژی باشد و با حداکثر ظرفیت نیز عمل نماید. ظرفیت پنکه باید طوری باشد که ۰/۹ تا ۱/۵ مترمکعب هوا برای هر بوشل [1] سوخ فراهم شود. در طی عملیات خشک کردن پنج تاهشت درصد وزن محصول کاهش می‌یابد. در خشک کردن آرام و مداوم در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۷۰ درصد از خشک بودن کامل گردن سوخ‌های سیر اطمینان داده و پوسته‌ها رنگ مناسب را تولید می‌کنند. این فرآیند به صورت طبیعی ۱۰ تا ۱۵ روز و در مجاورت دمای بالاتر از ۲۱ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد که موجب تیره شدن رنگ پوسته سوخ‌های سیر می‌شود. هر چه دما از ۲۱ درجه سانتی‌گراد بالاتر باشد پوسته‌ها سریع‌تر تیره رنگ می‌شوند، در هلند سوخ‌ها را با هوایی در حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک و در مدت خشک کردن تهویه می‌کنند. زیرا رنگ زرد مایل به قهوه‌ای پوسته سوخ‌ها به رنگ سفید روشن ترجیح داده می‌شود. دماهای بالای عمل‌آوری به ویژه زمانی که سوخ‌ها به طور کامل رسیده نباشند عمر انباری محصول را کوتاه می‌کند. زمانی که گردن سوخ‌های سیر به طور کامل خشک شد دمای توده به سرعت و با استفاده از هوای سرد بیرون در طول شب پایین آورده می‌شود و سپس تا حد امکان در مکانی سرد و بالای نقطه انجمادشان نگهداری می‌شوند. جریان هوا در انبار نباید به وسیله توده‌های خاک یا تراشه‌های چوب جلوگیری شود زیرا با این موانع احتمال خشک نشدن بخشی از توده محصول وجود دارد که به زودی شروع به نرم شدن نموده، این شرایط به سوخ سرایت می‌کند (بروستر، ۱۹۹۴).

۷-۲-پیش درمان با اشعه

در دوره رشد و نمو محصول ، کاربرد بیش از حد نیتروژن باعث افزایش ضایعات فیزیولوژیکی می‌شود و استفاده از پتاسیم و فسفر باعث کاهش ضایعات سیر در هنگام انبارداری می‌شود. استفاده از تابش اشعه گاما با شرایط اتمسفر کنترل شده، یعنی فقط

1. Bushel

کمتر از ۰/۵درصد اکسیژن یا همراه با ۱۰-۵ درصد دی اکسیدکربن و اسپری مالئیک هیدرازید قبل از برداشت به عنوان اقدامی مناسب برای کنترل جوانه و افزایش ماندگاری گزارش شده است. کاربرد روش‌های تابش نیز به طور گسترده با در نظر گرفتن ظرفیت آنها برای افزایش ماندگاری سیر مورد مطالعه قرار گرفته است (دهال و اهوجا ، ۲۰۱۳، ؛ پرز و همکاران[1]، ۲۰۰۷ ؛ توماس[2]، ۱۹۹۹).

دوز ۱۰ گری اشعه گاما به طور قابل توجهی جوانه‌زنی را در سیر کاهش می‌دهد و روند میتوز را متوقف می کند (پللگرینی و همکاران ، ۲۰۰۰). پرز و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر پرتوهای گاما در سوخ سیر را مطالعه و نشان دادند که یک دوز ۶۰ گری باعث کاهش قابل توجه محتوای اسید چرب و لیپیدها با کاهش هم‌زمان وقوع جوانه‌زنی می‌شود. فرآیند تابش هم‌چنین باعث کاهش یا جلوگیری از آلودگی میکروبی در طول دوره انبارداری می‌شود و می‌تواند جایگزین مصرف قارچ‌کش‌های شیمیایی برای دوره پس از برداشت محصول شود (توماس، ۱۹۹۹). مرکز تحقیقات پیاز و سیر (DOGR) گزارش نمود سوخ‌های سیر که تحت تابش ۲ تا ۶ گری اشعه گاما کبالت ۶۰ قرار گیرند، جوانه‌زنی در آنها طی دوره انبارداری به حداقل می‌رسد. سوخ‌های سیر که به طور صحیح با اشعه گاما ۹۰-۶۰ گری تیمار شوند می‌توانند قدرت جوانه‌زنی ۱۰۰ درصد را حتی پس از انبارداری سرد متوقف نماید. پرتودهی سوخ سیر قبل از شروع جوانه‌زدن یا در اوایل هشت هفته انبارداری می‌تواند جوانه‌زنی را تا حد زیادی کاهش دهد. هم‌چنین ضایعات فیزیولوژیکی را کاهش و ماندگاری سوخ‌ها را تا یک سال افزایش می‌دهد (دهال و اهوجا ، ۲۰۱۳).

تیمار اشعه ماورا بنفش به مدت نیم ساعت بر سوخ‌های سیر انبار شده در سردخانه‌ها به مدت پنج ماه باعث کاهش ضایعات بیش از حد هشت درصدی ضایعات سوخ‌های سیر

1. Perez et al.
2. Thomas

می‌شود. دوزهای تابشی بالاتر از ۱۰ کریپتون محتوای دی‌آلیل‌دی‌سولفید را که عطر و طعم سیر را فراهم می‌کند کاهش می‌دهد (دهال و اهوجا، ۲۰۱۳).

در سوخ‌های سیر محلول‌پاشی شده با مالئیک هیدرازید ۳۰۰۰ ppm سه هفته قبل از برداشت، ضایعات فیزیولوژیکی کاهش و عمر انباری آنها افزایش یافت. استفاده از کاربندازیم ۰/۱ درصد قبل از برداشت و استفاده از یک مکان تمیز و خشک برای نگهداری سوخ‌های سیر نیز ضایعات پس از برداشت، به‌ویژه خسارت پوسیدگی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد متأسفانه امکانات پرتودهی بسیار محدود است و هر کشاورز نمی تواند به آنها دسترسی پیدا کند.

۷-۳-انبارمانی

دمای صفر درجه سانتی‌گراد و محیط خشک به عنوان شرایط مناسب برای انبارداری در شرایط گرمسیری برای سوخ سیر پیشنهاد شده است. زیرا آفات، قارچ‌ها و عوامل بیماری‌زا در این دما فعالیت کمتری دارند.

نارش و همکاران[1] (۲۰۱۳) و سکارا و همکاران[2] (۲۰۱۷) گزارش نمودند انبارکردن سوخ سیر پس از حذف شاخ و برگ در کیسه های توری نایلون، مدت زمان انبارداری را تا شش تا هشت ماه افزایش می‌دهد. از این رو می‌توان همین موارد را برای انبارداری و کاهش تلفات پس از برداشت سیر توصیه نمود. سیر را می‌توان به مدت یک تا دو ماه در دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد (دمای اتاق) نگهداری کرد (تریپاتی و همکاران، ۲۰۰۹). سوخ‌های سیر در شرایط محیط معمولی سفتی یا استحکام خود را از دست می‌دهند، به‌دلیل اتلاف آب به حالت اسفنجی در می‌آیند و تغییر رنگ می‌دهند. خواب سوخ‌های ذخیره شده در دمای پنج تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد به سرعت خاتمه می‌یابد (کانتول[3]، ۲۰۰۴).

1. Naresh et al.
2. Sekara et al.
3. Cantwell

میدما[1] (۱۹۹۴) نشان داد که انبارداری در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث جوانه‌زدن می‌شود و تاکاگی (۱۹۹۰) گزارش داد که میزان تنفس در دمای پنج ، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از انبارداری در دمای صفر یا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. سوخ‌های سیر سالم را می‌توان در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ تا ۷۰ درصد به مدت شش تا هفت ماه با حداقل کاهش وزن ذخیره کرد. بهترین دما و رطوبت نسبی برای نگهداری سیر با کیفیت خوب صفر تا یک درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد است در صورت تهویه مناسب و عدم تجمع رطوبت، می‌توان سوخ را برای بیش از ۹ ماه در این شرایط انبار نمود (کانتول و ساس‌لو[2]، ۲۰۰۹).

سوخ‌هایی که در دمای سرد از یک تا صفر درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد انبار می‌شوند، می‌توانند دوره انبارداری طولانی مدت داشته باشند. هم‌چنین کانتول (۲۰۰۴) گزارش داد که دمای مطلوب برای ذخیره سیر از ۱ تا صفر درجه سانتی‌گراد است. ولک و همکاران[3](۲۰۰۴) گزارش دادند که سوخ‌های سیر که به‌درستی عمل‌آوری شده‌اند و در دمای منفی سه درجه سانتی‌گراد ذخیره شوند، می‌توانند در بهار کاشته شوند و در حدود یک سال مورد استفاده قرار گیرند. ذخیره سرد سوخ‌های سیر در دمای صفر تا چهار درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد امکان‌پذیر است. ضایعات سوخ سیر در دوره انبارداری در دمای یک تا پنج درجه سانتی‌گراد با ۷۵ درصد رطوبت نسبی، ۱۲/۵ درصد در مقایسه با تلفات سیر ذخیره شده در دمای محیط که ۴۲/۴ درصد گزارش شده، می‌باشد. سوخ ذخیره شده در شرایط انجماد نباید به عنوان بذر استفاده شود.

ذخیره‌سازی سوخ در دمای زیر پنج درجه سانتی‌گراد منجر به تولید سوخ‌های خشن، جوانه‌زدن شاخه‌های جانبی و بلوغ زودرس می‌شود، درحالی‌که ذخیره در دمای بیش از ۱۸ درجه سانتی‌گراد منجر به تأخیر جوانه‌زدن و دیررسی می‌شود. ذخیره سوخ‌های سیر در

1. Miedema
2. Cantwell and Suslow
6. Volk et al.

دمای پنج تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد باعث رشد سریع جوانه‌های داخلی می‌شود. دمای مناسب برای سوخ سیر به عنوان بذر ۱۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۰-۶۵ درصد است (کانتول و ساس‌لو، ۲۰۰۲). جدول ۱۷تأثیر دما و رطوبت نسبی را بر مدت انبارمانی و ضایعات سوخ نشان می دهد.

تریپاتی و لاوانده (۲۰۰۶) اثر سردخانه را بر انبارداری پیاز و سیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که ذخیره‌سازی سرد پیاز و سیر ضایعات انبارداری را ۱۰-۵ درصد کاهش می‌دهد. پرتودهی با اشعه گاما و سردخانه در کاهش ضایعات انبارداری و تغییرات قیمت مفید است. وجود سردخانه در نزدیکی بازارکلان‌شهرها و مناطق پرورش پیاز و سیر سودآور می‌باشد. ضایعات انباری در دمای صفر تا دو درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۵ درصد حدود صفر است. با این حال، از محدودیت‌های اصلی در انبارداری سیر در سردخانه، مسایل و مشکلات پس از خارج نمودن سیر از سردخانه است. پس از خروج سیر از سردخانه باید بلافاصله مصرف یا کشت شود. پس از یک هفته از خارج نمودن سیر از سردخانه، جوانه‌زنی ۱۰۰ درصد رخ می‌دهد و پیاز یا سیر جوانه‌زده قیمت مناسبی در بازار ندارد. از سوی دیگر هزینه سردخانه بسیار زیاد است و کشاورزان به صورت فردی توانایی پرداخت هزینه را ندارند. به علاوه، انبارهای سرد با ظرفیت پایین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیستند. بازرگانان یا شرکت‌های تعاونی می‌توانند در مناطق استراتژیک انبارهای سرد ایجاد کنند (لاوانده، ۲۰۱۸؛ تریپاتی، ۲۰۰۹؛ تریپانی و لاوانده، ۲۰۰۶).

جدول۱۷-تأثیر دما و رطوبت نسبی بر روی انبارمانی
(دهال و اجوها، ۲۰۱۳؛ لاوانده، ۲۰۱۸؛ کانتول و ساس‌لو، ۲۰۰۲؛ میدما، ۱۹۹٤)

ملاحظات	مدت انبار مانی (ماه)	رطوبت نسبی (٪)	دما (درجه سانتی گراد)
ضایعات انبارداری با تهویه مناسب برای جلوگیری از تجمع رطوبت کمتر شد	۹	۶۰-۷۰	۰-۱
سوخ‌های سیر را می توان در دمای صفر درجه‌سانتی-گراد با حداقل ضایعات ذخیره کرد	۱۲	۶۰-۷۰	۰
انبار سرد ، ضایعات انبارداری را ۱۰-۵درصد کاهش می دهد.	۶-۹	۶۵-۷۰	۰-۲
ضایعات انبارداری در دمای ۱ تا۵ درجه سانتی‌گراد با ۷۵٪ رطوبت نسبی ۱۲/۵ درصد اما در شرایط محیط ۴۲/۴ درصد بود.	۱۰	۷۵	۱-۵
جوانه زدن سوخ به دلیل پایان سریع خواب اتفاق می افتد	-	۶۰-۷۰	۵-۱۸
ذخیره ایده‌آل سوخ سیر برای بذر	-	۶۵-۷۰	۱۰
جوانه‌زنی آغاز شد	-	۶۰-۷۰	۱۰-۲۰
آفات، قارچ ها و عوامل بیماری‌زا در این دامنه دما و رطوبت نسبی فعالیت کمتری دارند	-	۴۰-۶۰	۱۳-۱۸
نگهداری در دمای محیط، سوخ‌های سیر سفتی یا استحکام خود را از دست می‌دهند، به حالت اسفنجی درآمده و تغییر رنگ می‌دهند	۱-۲	-	۲۰-۳۰
در دمای بالا چروکیدگی و از دست دادن رطوبت رخ می‌دهد	۶-۸	۶۵-۷۰	۲۸-۳۰

تریپاتی و همکاران (۲۰۰۹) اثر انبار و مواد بسته‌بندی بر ضایعات انباری سیر را مطالعه نمودند. سیر تیمار شده در چهار نوع انبار و مواد بسته‌بندی، مانند جعبه چوبی و کیسه‌های پارچه‌ای نگهداری شدند. نتایج نشان داد که کاهش وزن فیزیولوژیکی در انبارهای سنتی با تهویه پایین و دیواره‌های چوبی یا گلی کمتر اما در انبارهای جدید با تهویه پایین بیشتر است. آلودگی پوسیدگی نرم در انبارهای سنتی بیشتر از سایر انبارها بود. تغییر رنگ سوخ در انبار با ساختار گچ و سیمان و تهویه پایین در مقایسه با انبارهای سنتی کمتر مشاهده شد. در نتیجه انبار نمودن سیر به صورت توده‌های دایره‌ای شکل بدون جدا نمودن ساقه و برگ در انبارهای با تهویه پایین روش مناسبی برای کاهش ضایعات است.

۷-٤-ساختار انبارها

انبار مناسب نقش مهمی در ضایعات پس از برداشت محصول سیر دارد. ساختار انبارها برای حداکثر ماندگاری سیر با کیفیت مطلوب بسیار مهم هستند. در حال حاضر ساختارها یا روش‌های انبارداری محلی و سنتی زیادی وجود دارد، اما بیشتر این ساختارها معایبی مانند کمبود امکانات تهویه مناسب دارند. مطالعه این ساختارها و تحقیقات پی‌درپی در این زمینه نشان داد که می‌توان یک ساختار انباری ارزان قیمت و اقتصادی را برای کشاورزان و تولید کنندگان سیر احداث کرد. یک انبار اقتصادی کشاورزان در مقیاس کوچک برای افزایش ماندگاری سوخ‌های سیر توسط دانشگاه کشاورزی کوتا ایجاد شد. این انبار ظرفیت ۹۰ تن سیر را در محفظه‌ای با تهویه دارد که به هشت طبقه تقسیم شده و ابعاد آن ۹ × ۴/۵ متر و ۵۸ متر مربع مساحت است. هزینه ساخت یک انبار مشابه با بتن سیمانی تا ۱۰ برابر است. در این انبار ارزان قیمت می‌توان سوخ‌ها را تا هشت ماه نگهداری کرد این انبار چوبی به صورت کلبه ساخته می‌شود (شکل ۷۳).

شکل۷۳- انبار ارزان قیمت

یک ساختار انبار کم‌هزینه به صورت تک‌ردیفی با تهویه توسط ICAR-DOGR برای تولیدکنندگان مقادیر کوچک سیر طراحی شده است. این انبارها با چوب بامبو یا چوبی که امکان هوادهی داشته باشد ساخته می‌شوند. دیوارهای کناری و پایینی آن را با بامبو و سقف آن را با کاهگل یا از برگ‌های خشک نیشکر و یا کاه و کلش غلات می‌سازند. تخمین زده شد که میزان ضایعات سیر در این انبار پس از چهار ماه حدود ۳۵ درصد می‌شود (لاوانده، ۲۰۱۸؛ تریپاتی، ۲۰۰۹؛ تریپاتی و لاوانده، ۲۰۰۶).

یک ساختار ذخیره‌سازی دو ردیف با تهویه پایین و جانبی توسط مرکز تحقیقات سیر و پیاز در هندوستان طراحی شده است. این سازه ذخیره‌سازی از نوع دائمی یا نیمه دائمی است که با ظرفیتی بین ۲۵ تا ۵۰ تن ساخته می‌شود. این ساختارها ۱۵-۹ متر طول و چهار متر عرض دارند و از دو ردیف تشکیل می‌شوند. طول سازه باید به ۱۵ متر محدود شود زیرا درصد پوسیدگی با افزایش طول افزایش می‌یابد. برای تأمین تهویه کف، این سازه‌ها در ۶۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین ساخته می‌شوند که توسط ستون‌های بتونی (شکل ۷۴) پشتیبانی می‌شوند (دهال و اهوجا، ۲۰۱۳)

شکل ۷٤- انبار با پایه بتونی

۷-۵-تأثیر شرایط انبار بر خصوصیات کیفی سیر

شرایط مطلوب نگهداری نقش مهمی در حفظ خصوصیات کیفی سیر دارد. بسیاری از ترکیبات زیست‌فعال سیر حساس به تغییرات دمایی بوده و به‌طور مستقیم بر توانایی آنها تأثیر می‌گذارد. عمده‌ترین پارامترهای انبارداری دما، رطوبت نسبی، تهویه، زمان و اتمسفر کنترل شده هستند.

۷-۵-۱-دما و رطوبت نسبی

دما و رطوبت نسبی در طول مدت نگهداری به‌طور مستقیم بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، ترکیب غذایی و در ادامه پتانسیل زیست‌فعال نهایی سیر تأثیر می‌گذارد. سبز شدن، کاهش فیزیولوژیکی وزن، میزان تنفس و بسیاری دیگر از ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر درجه حرارت در هنگام انبارداری است. وریسیموو همکاران[1] (۲۰۱۰) گزارش دادند که درجه حرارت بالا ترکیبات آنتی‌اکسیدانی سیر را کاهش می‌دهد. این محققان ضمن تعیین تغییر میزان کربوهیدرات‌ها، کلروفیل، اینورتاز و آمیلاز در سیر در مدت زمان نگهداری در دمای پایین، تغییرات میزان قند را در سیر مشاهده کردند که باعث تحریک جوانه‌زدن آنها شد. علاوه بر این، در طول انبارمانی در دمای پایین، افزایش قابل‌توجهی در میزان کربوهیدرات، کلروفیل و آنزیم‌های اینورتاز و آمیلاز را ذکر کردند (آتشی و همکاران[2]، ۲۰۱۱).

۷-۵-۲-زمان

زمان انبارمانی یک پارامتر کاربردی اساسی برای خواص زیست‌فعال سیر است. حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیرچه‌ها پس از هشت هفته نگهداری در دمای ۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، درحالی‌که بیشترین تغییر پلی‌فنول‌ها و ترکیبات گوگردی

1.Verissimo et al.
2. Atashi et al.

بین شش تا هشت هفته پس از انبارمانی یافت شد که در ادامه با کاهش قابل‌توجهی همراه بود (فی و همکاران[1]، ۲۰۱۵).

وریسیمو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که در مدت زمان انبارداری میزان آلیسین کاهش یافته است، درحالی‌که میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت.

۷-۵-۳-تهویه

انواع مختلفی از انبارها برای نگهداری در مناطق مختلف کشور وجود دارد. بسیاری از این انبارها تهویه مناسب ندارند که باعث افزایش ضایعات انباری می‌شود. تهویه و جریان ضعیف هوا باعث افزایش دما و در نتیجه باعث افزایش ضایعات بیماری و فیزیولوژیکی سیر می‌شود. انبارهای تجاری با تهویه طبیعی، رطوبت و گرمای سیر ذخیره شده را خارج نمی‌کنند، این موضوع مهم ضایعات انباری را افزایش می‌دهد. نگهداری سیر در کیسه‌های توری نایلونی یا سبد پلاستیکی، جریان هوا را تامین می‌کند. به‌طور معمول، برای یک متر مکعب سیر تقریباً یک مترمکعب در دقیقه هوا لازم است. دابهی و پاتل[2] (۲۰۱۷) تأثیر تهویه را مطالعه کردند و گزارش دادند که متوسط کاهش وزن به ترتیب ۲۳/۷ درصد تحت تهویه طبیعی و ۱۰/۲ درصد تحت تهویه اجباری است. شدت آلودگی به کپک سیاه در انبار با تهویه اجباری کمتر بود (از ۲۵/۲ تا ۳۱/۵ درصد) درحالی‌که در ذخیره سازی با تهویه طبیعی تا ۳۹ درصد افزایش یافت. ۱۰۰ درصد سوخ‌های سیر ذخیره شده در انبارهای تهویه طبیعی توسط کپک سیاه آلوده شدند، درحالی‌که در انبارهای با تهویه اجباری ۸۶ درصدسوخ‌ها آلوده بودند.

1. Fei et al.
2. Dabhi andPatel

۷-٦-اتمسفر کنترل شده

زی‌هنگ و همکاران[1] (۲۰۱۰) اثر انواع مختلف بسته بندی (نگهداری در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ روز) را روی سیرچه‌های خرد شده بررسی کردند و دریافتند که سیر خرد شده تازه که در کیسه پلاستیکی PVC ذخیره می‌شوند بهترین کیفیت را دارا می باشند.

کانتول و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر شرایط جوی مختلف انبار (به‌طور عمده با تغییر محتوای اکسیژن و دی اکسید کربن) بر پوسیدگی، رشد جوانه‌ها، تغییر رنگ و کیفیت نهایی محصول سیر، مطالعه کردند و گزارش دادند که محیط‌های حاوی دی اکسید کربن اثرات مطلوبی دارند، درحالی‌که محیط‌های کم اکسیژن دارای تأثیر ضعیف هستند. علاوه بر این، هنگامی که دوره انبارداری به چهار تا شش ماه می‌رسد، میزان دی اکسید کربن بالاتر از ۱۵ درصد می‌شود و محصول آسیب می‌بیند.

۷-۷-بیماری ها و آسیب های عمده انبارمانی

جدول (۱۸) و شکل (۷۵) بیماری‌ها و آسیب‌های عمده ناشی از حشرات در هنگام انبارداری سوخ را نشان می‌دهند.

2. Xihong et al.

جدول ۱۸: آفات و بیماری‌های مهم انبارمانی
(میشرا و همکاران۱، ۲۰۱٤ ؛ مارزوکی و همکاران۲، ۲۰۱٤؛ کانتول، ۲۰۱۳؛ شوارتزوکریشنا۳، ۲۰۰۸)

آفت و بیماری	علایم (مشخصات)	کنترل
کرم سیر	الف-آلودگی سیرها هنگام انبارداری اتفاق می‌افتد. ب-آفت سفید کرم در سوخ و انبار دیده می‌شود.	الف-. کاربرد گازها و سموم دفع آفات در انبار قبل از ذخیره سیر. ب- استفاده از سیرهای سالم برای نگهداری. ج- هوادهی و نظارت مناسب روی سوخ‌های در حین نگهداری. د- از بین بردن سیرچه‌های آسیب دیده هنگام انبارداری
کپک آبی یا آلودگی پنی‌سیلیوم	الف-. سوخ‌های سیر مبتلا سبک شده و سیرچه‌ها نرم ، اسفنجی و خشک می‌شود. ب- سیرچه‌ها در مرحله پیشرفته به صورت توده پودری سبز یا خاکستری تجزیه می‌شود.	الف-. نظارت دقیق در هنگام انبار کردن. ب- تهویه کافی در انبار. ج- برای کاهش پوسیدگی، سیر باید در شرایط خشک نگهداری شود. د- از بین بردن سیرچه‌های آسیب دیده هنگام انبار کردن.
آسیب‌دیدگی مومی	الف- تغییر رنگ سیرچه‌ها ب- سیرچه‌ها چسبناک، شفاف و مومی می‌شود اما بسته‌های دیگر آلوده نمی‌شوند.	الف-. هوادهی و نظارت مناسب روی سوخ‌های سیر در دوره انبارمانی. ب- نظارت دقیق در هنگام انبارمانی ج - از بین بردن سیرچه‌های آسیب دیده هنگام انبارمانی

1. Mishra et al.
2. Marzoky et al.
3.Schwatrz and Krishna

الف ب ج

شکل ۷۵- بیماری‌های عمده انبارداری و اختلالات سیر در زمان نگهداری به ترتیب الف: کرم سیر، ب: کپک آبی یا آلودگی پنی‌سیلیوم و ج: آسیب‌دیدگی مومی

فصل هشتم

عبدالستار دارابی و محسن خدادادی

بیوشیمی و اثر سلامتی بخش سیر

۸-۱-زیست‌شیمی بو

سبزی‌های پیازی به‌طور عمده به منظور طعم خاص و اثر دارویی آنها کشت می‌شوند. ماهیت، بیوسنتز و خصوصیات ترکیبات ایجاد کننده بو به‌تدریج از دهه ۱۹۴۰ تا امروز شناخته شده‌اند.

شیمی بوی پیازی‌ها پیچیده است، زیرا ترکیبات حاوی گوگرد که ایجاد کننده بو هستند ناپایدار و غیرفعال می‌باشند. این ترکیبات فقط هنگامی‌که سلول‌ها بوسیله قاچ کردن و یا فشردن صدمه بینند، آزاد می‌شوند.

رها شدن مواد تولیدکننده بوی سیر شامل یک سلسله واکنش‌هایی است که با آزاد شدن آنزیم آلیینازکه فقط در واکوئل‌های سلول‌های سالم وجود دارد شروع و سبب می‌شود که آلیناز به پیش‌ماده‌های بی‌بو که در اندامک‌های (ویسکل) درون سیتوپلاسم وجود دارند برسد که در نتیجه این پیش‌ماده‌ها به ترکیب اولیه بو یعنی ماده فعال و فوق‌العاده بودار تیوسولفینیت تبدیل می‌شوند. ماهیت و مقدار تیوسولفینیت آزاد شده بستگی به چگونگی تخریب بافت‌ها و مدت فعال بودن آنزیم قبل از تخریب در اثر پختن یا هر فرآیند دیگر دارد (بروستر، ۲۰۰۸).

ترکیباتی که از تیوسولفینیت به‌وجود می‌آیند بستگی به شرایط پختن یا شرایط استخراج دارد. بیش از ۸۰ ترکیب در اثر واکنش متقابل بین تیوسولفینیت اولیه و ترکیبات بعدی در عصاره اولیه و عصاره حاصل از تقطیر به‌وجود می‌آیند. این مواد شامل پلی-سولفیدها، تیوسولفونیت‌ها و ترکیباتی حاوی یک گوگرد در ساختمان حلقه‌ای (مثل دی-تئین‌ها) می‌باشند.

مواد آلی ترکیبات بوی پیازی‌ها بوسیله بلوک[1] (۱۹۹۲) بررسی شد و مقالات بعدی توسط ایشان نیز در این باره نگارش گردید (بلوک و همکاران ۱۹۹۷). فیزیولوژی و بیوشیمی بوی پیازی‌ها توسط لانکستر و بلند[2] (۱۹۹۰) راندل و لانکستر[3] (۲۰۰۲) و جونز و همکاران[4] (۲۰۰۴) بررسی شده است.

خواص دارویی پیاز و سیر از زمان‌های گذشته شناخته شده است. اثرات دارویی این گیاهان، کمابیش، ناشی از مزه آنها می‌باشد. بنابراین تمایل زیادی برای تحقیقات به‌منظور شناسایی مواد فعال و خصوصیات دارویی آنها وجود دارد. سیر یکی از گیاهانی است که بیشترین مطالعه درباره اثر دارویی آن صورت گرفته است (کوچ و لاسون[5]، ۱۹۹۶).

۸-۲-پیش‌ماده های ترکیبات تولید کننده بو

قسمت اعظم گوگرد موجود در پیازی‌ها به فرم اسید آمینه‌های مختلف غیرپروتئینی می‌باشند که شامل پیش ماده‌های فرار تولیدکننده بو دراین گیاهان هستند. این پیش ماده-های بو، اسیدآمینه‌های غیر فرار با نام عمومی اس آلک (ن)یل سیسئین سولفوکسید (ACSOs) می‌باشند. ساختمان عمومی ACSOs به صورت زیر است:

1. Block
2. Lancaster and Boland
1. Randle and lancaster
2. Jones et al.
3. Koch and Lowson

گروه متصل به سمت راست بنیان R، ال سیستئین سولفوکسید می‌باشد. بنیان R می تواند شامل:

1- CH_3 به نام (+)- اس متیل (MSO)

2- CH_3-CH_2-CH_2 به نام (+)- اس پروپیل (PSO)

3- CH- CH_3=CH به نام ترانس (+)- اس- (۱ پرپنیل) (۱–PECSO)

4- CH_2 = CH_3-CHB به نام (+)- اس- (۲پرپنیل) (2 –PECSO)

ترکیب شماره ۴ اولین ترکیبی بود که از سیر استخراج شد و معمولا آلیین یا اس آلیل سیستئین سولفوکسید نامیده می‌شود. گونه‌های مختلف جنس آلیوم در بنیان R و میزان ال سیستئین سولفوکسید متفاوت هستند. در سیر 2-PECSO و در پیاز 1- PECSO غالب بوده و این دو پیش ماده سبب تولید بو در این دو گیاه می‌شوند. پیوند سولفوکسید متقارن بوده و دارای ایزومرهای نوری می‌باشد ولی ترکیبات طبیعی همگی ایزومرهای (+) هستند. مقدار زیادی از اس‌آلکیل‌سولفوکسیدها (۵۰ درصد یا بیشتر) به اسیدگلوتامیک متصل بوده و در گیاه گاما گلوتامیل اس‌آلکیدسولفوکسید را تشکیل می‌دهند. گاماگلوتامیل به اس‌آلکیل‌سولفوکسید متصل بوده و با آنزیم بوی (آلیناز) واکنش نداده و بنابراین نمی-تواند در هنگام تخریب بافت‌ها در تولید بوی سیر موثر باشد. جی‌گلوتامیل ابتدا باید در یک واکنش حد واسط توسط آنزیم جی‌گلوتامیل‌ترانس‌پپتاز از آلکیل‌سولفوکسید جدا شده تا آلکیل سولفوکسید بتواند در واکنش‌های تولید کننده بو شرکت نماید.

۸-۳-واکنش‌های آنزیمی تولید بو

وقتی بافت‌های تر (تازه) صدمه می‌بینند پیش‌ماده‌های بو تحت کنترل آلیناز (اس آلک(ن)یل - ال – سیستئین‌سولفوکسیدلیاز) فعال شده تا اسید سولفونیک فوق‌العاده فعال (RSO_3H)، آمونیوم (NH_4^+) و پیروات ($C_3H_3O_3^-$) تولید کنند. این آنزیم فقط در واکوئل وجود دارد، درحالی‌که پیش ماده بو در سیتوپلاسم و شاید درون حفره‌های کوچک وجود دارند. بنابراین شاید فقط هنگامی‌که سلولی تخریب شود آنزیم به پیش‌ماده دسترسی پیدا می‌کند. این موضوع توجیه‌کننده این مطلب است که چرا وقتی سوخ کامل

و سالم بدون صدمه دیدن بخار می‌شود، بو تولید نمی‌شود. زیرا آنزیم قبل از این‌که به پیش‌ماده بو برسد، تخریب می‌گردد. در سوخ سیر آلیناز محدود به دستجات سلول‌های غلاف بوده که دستجات آوندی سیرچه را احاطه می‌کنند (بروستر، ۲۰۰۸).

۸-٤-آنزیم آلیناز

پراکسیداز-´۵ فسفات یک کوفاکتور اساسی بوده که به‌طور محکم به آنزیم پروتئینی (آلیناز) به نسبت یک به یک متصل می‌شود. آلییناز یک گلوکوپروتئین است که تقریبا ۴/۱۶ درصد وزنش کربوهیدرات غنی شده با مانوز می‌باشد. این آنزیم حاوی (در حدود ۰/۰۶) پروتئین محلول بافت‌های سوخ سیر بوده و در واکوئل سلول هم به‌صورت منفرد (مونومر) یا پیوسته به واحدهای آنزیمی به شکل چندتایی همراه با لکتین‌های اختصاصی مانوز دیده می‌شود. توالی اسید آمینه‌های چند آلییناز از توالی DNA ژن آنها ایجاد شده است. آلیناز شامل رشته‌های ۴۴۵ اسید آمینه همراه با پیریدکسال‌فسفات متصل به یک واحد لیزین در موقعیت ۲۸۵ می‌باشد. یک واحد تریپتوفان در موقعیت ۱۸۲ برای فعال شدن آنزیم ضروری است. آنزیم ممکن است به چند شکل دیده شود که در قابلیت اتصال به انواع مختلف اس‌آلکینل‌سولفوکسید تفاوت دارند (بروستر، ۲۰۰۸).

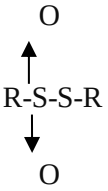
۸-۵-ترکیبات فرار بو

اسیدسولفونیک‌های فوق‌العاده فعال وقتی آزاد می‌شوند شروع به آرایش مجدد و واکنش‌هایی نموده و ترکیبات فرار زیادی با بوی شدید تولید می‌کنند. در سیر آلیناز سبب رها شدن 2-PECSO شده که دو تا از آنها خود به‌خود ترکیب شده تا تیوسولفونیت آلیسین را تولید نماید که عامل ایجاد کننده بو در سیر تازه می‌باشد.

آلیسین، دیگر تیوسولفینات‌ها و فاکتور لاکری‌متوری سیر همگی فوق‌العاده فعال بوده و می‌توانند آرایش مجدد یافته یا با خودشان ترکیب شوند. محصولات حاصل از واکنش آنها با اسید سولفونیک‌ها مانند:

۱- تیوسولفینات

۲-تیوسولفونات‌ها



۳- مونوسولفید R-S-R

۴-دی سولفید R-S-S-R

۵- تری سولفید R-S-S-S-R

در اینجا R و R می‌توانند مشابه یا هر جفتی از گروه‌های R ذکر شده در بالا، به‌عنوان پیش‌ماده‌های ASCOs در یک گونه پیازی باشند. ساختمان‌های پیچیده‌تر شامل اتم‌های گوگرد و کربن در حلقه‌های هتروسیکلیک، نیز شناخته شده‌اند.

ترکیب واقعی واکنش بستگی به: غلظت اولیه و نسبت گروه R که اسیدسولفونیک‌ها را تشکیل می‌دهد، دما (عامل تفاوت در طعم تازه و پخته پیازی‌ها)، قطبیت حلال موجود در واکنش و pH دارد. اولین روش مورد استفاده برای استخراج مواد فرار سیر تقطیر بخار بود. در این روش دی‌آلیل‌دی‌سولفید (DADS) تجمع می‌یابد. این روش هنوز برای کپسوله کردن عصاره سیر کاربرد وسیعی دارد. بیشتر از ۸۰۰ ترکیب فرار در عصاره تازه و عصاره بخار تقطیر شده پیازی‌ها شناخته شده‌اند. ترکیبات قابل‌توجه در سیر، اجوان از ترکیبات فرار سیر است که موثرتر از آسپرین در جلوگیری از انعقاد خون بوده و در محلول‌های اتانولیک از آلیسین بوجود می‌آید (بروستر، ۲۰۰۸).

۸-٦-بیوسنتز پیش‌ماده‌های ترکیبات تولید کننده بو

گوگرد از محلول خاک به شکل یون سولفات وارد گیاه شده و سپس توسط یک حامل پروتئینی جاذب قوی جذب و از طریق بافت‌های آوندی به برگ‌ها می‌رسد و تحت واکنش‌های آنزیمی احیایی متوالی و انتقالی قرار گرفته و سپس از طریق واکنش‌های انتقالی با اسید آمینه سیستئین ترکیب می‌گردد. سیستئین ممکن است با اسید گلوتامیک و سپس گلایسین ترکیب شده تا گلوتاتیون را تشکیل دهد. شواهدی وجود دارد که احتمالا دو مسیر برای تشکیل، ACSO، پیش‌ماده ترکیبات تولیدکننده بو در پیازی‌ها وجود دارد

(گری فیتث و همکاران[1]، ۲۰۰۲؛ جونز و همکاران[2]، ۲۰۰۴). این واکنش‌ها شامل افزایش R شاخه جانبی به گروه سیستئین و سپس در صورت لزوم تبدیل شدن به گروه‌های پروپنیل (برای مثال 1-PECSO و 2-PECSO) و در ادامه اکسیداسیون گوگرد برای تشکیل سولفوکسید می‌باشد. در مورد این‌که این واکنش‌ها همه با سیتئین انجام شده و نهایتا ASCO به گروه گاما- گلوتامات متصل می‌شود، اختلاف نظر وجود دارد.

۸-۷-فعالیت بیولوژیکی ترکیبات تولید کننده بو

پیش‌ماده ترکیبات تولیدکننده بو ترکیبات زیادی را تولید کرده که اثرات فیزیولوژیکی شدیدی روی سایر موجودات زنده دارند. این حقیقت که این مواد در هنگام تخریب سلول‌ها آزاد می‌شوند نشان‌دهنده این مطلب است که این مواد در دفاع شیمیایی، هم از طریق بازدارندگی حیوانات گیاه‌خوار و هم از طریق سمی بودن برای دفع قارچ‌ها و باکتری‌ها مهم هستند (هایل و همکاران[3]، ۲۰۰۴). آزمایش‌های درون شیشه‌ای نشان داده‌اند که عصاره پیاز و سیر از رشد بیش از ۸۰ گونه قارچ بیماری‌زای گیاهی ممانعت نموده‌اند (فن‌ویک و هانلی[4]، ۱۹۸۵) به‌طور تجربی مشخص شده که آلیسیین در از بین بردن یا متوقف کردن رشد برخی از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی تاثیر دارد و DADS نیز بر علیه ۱۰ قارچ بیماری‌زای گیاهی موثر است. عصاره پیاز و سیر حشره‌کش بوده و هم‌چنین برای بعضی از نماتدهای گیاهی سمی می‌باشند.

ACSOs و مشتقات گاماگلوتامینی آنها از یک تا پنج درصد وزن خشک گیاهان و بذور پیازی‌ها و آلیناز در حدود شش درصد کل پروتئین محلول بافت سوخ را به خود اختصاص داده‌اند. این مواد شاید یک اثر مهمی در تغییر و تبدیل، ذخیره‌سازی و انتقال کربن، نیتروژن و گوگرد درون گیاهان پیازی دارند. مقادیر زیاد، قرار گرفتن در واکوئل و تمایل آلیناز برای حضور به‌صورت واحدهای چندتایی، از خصوصیات پروتئین‌های انباری می‌باشد.

---

1. Griffiths et al.
2. Jones et al.
3. Hile et al.
4. Fenwick and Hanley

فصل نهم

عبدالستار دارابی و محسن خدادادی

اثرات دارویی سیر

سه نوع ترکیب در پیازی‌ها یافت می‌شود که مسئول اثرات دارویی این گیاه هستند. اولین دسته موادی هستند که از ACSOs مشتق می‌شوند که مسئول طعم و تندی می‌باشند. دسته دوم فلاونوئیدها، شامل کیورستین بوده که خاصیت ضد اکسید شدن قوی داشته و غلظت آن در سیر نسبت به سایر سبزی‌ها یا میوه‌ها بالا می‌باشد. سومین دسته فروکتوالیگوساکارید و فروکتان‌های محلول و غیرقابل هضم می‌باشندکه اثر قوی ضد میکربی در انتهای جهاز هاضمه دارند. پیازی‌ها می‌توانند سلنیوم را برای جذب گوگرد در خاک‌های غنی از سلنیوم جایگزین کرده و سرشار از مواد حاوی گوگرد شوند. این گیاهان ممکن است برای افزایش جذب سلنیوم در رژیم غذایی در مناطقی مانند انگلستان که جذب سلنیوم پایین است مفید باشند (بروستر، ۲۰۰۸).

۹-۱-مثال‌هایی از تحقیقات مختلف مبنی بر اثر سلامتی بخش (چند نمونه از اثرات پیازی‌ها در سلامتی)

۹-۱-۱-اپیدمولوژی

مقایسه سه گروه از افراد در جینسیم هندوستان، افرادی که پیاز و سیر نمی‌خوردند، افرادی که مقادیر متوسطی از این دو محصول مصرف می‌کردند (کمتر از ۲۰۰ گرم پیاز و کمتر از ۱۰ گرم سیر در هفته) و افرادی که مقادیر زیادی از این دو گیاه می‌خورند (کمتر

از ۶۰۰ گرم پیاز و کمتر از ۵۰ گرم سیر در هفته) نشان داد که مصرف این دو گیاه از لخته شدن خون ممانعت نموده و مقدار کلسترول و لیپو پروتئین خون که با بیماری‌های قلبی مرتبط هستند با مصرف پیاز و سیر کاهش یافت (بروستر، ۲۰۰۸).

یک همبستگی منفی معنی‌داری بین مصرف پیاز و بروز سرطان مری در هلند مشاهده شده است.

۹-۱-۲-اثرات بالینی

پودر سیر سبب بهبود گردش خون در بیماران شد. تجویز عصاره پودر سیر به بیماران مبتلا به کلسترول خون بالا، سبب کاهش کلسترول به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد گردید و چنین تاثیری در اثر مصرف غذاهای بدون کلسترول مشاهده گردید (بروستر، ۲۰۰۸).

۹-۲-مطالعات در حیوانات

۱-در جنس خوک با القاء تنگی نفس مشابه آسم، مصرف عصاره پیاز خشک منجمد شده، اثر درمانی بر روی تنگی نفس داشت. تیوسولفینیت و سپائونین ترکیبات فعال بودند.

۲- پودر سیر سبب کاهش کلسترول، چربی و فشار خون در خرگوش‌های مبتلا به کلسترول بالا گردید.

۳- عصاره خام تره‌فرنگی باعث کاهش فشار سیستولیک خون گردید و سبب طولانی شدن جریان خون در خرگوش‌ها، شاید از طریق متوقف کردن تجمع پلاکت‌های خون شد.

۴- در موش‌های مایه‌کوبی شده با توده سلول‌های سرطانی، تغذیه با ۵۰۰ میلی‌گرم سیر در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب آشامیدنی سبب کاهش معنی‌دار حجم تومور و مرگ و میر موش‌ها در مقایسه با شاهد گردید (بروستر، ۲۰۰۸).

۹-۳-مطالعات سلولی و بیوشیمیایی

بیشترین اثر دارویی گزارش شده از پیازی‌ها و عصاره آنها جلوگیری از تجمع پلاکت-های خون می‌باشد. پلاکت‌ها در خون تجمع یافته و می‌توانند سبب لخته شدن خون شوند.

بنابراین باید موادی در پیازی‌ها خاصیت ضد انعقاد داشته باشند. غلظت بسیار پایین از ترکیبات آجوان در سیر و ساپونین در پیاز می‌توانند مانع تجمع پلاکت‌ها و لخته شدن خون شوند.

مطالعه بر روی سلول‌های زنده انسان و خرگوش به‌طور دقیق مشخص نمود که کدام نقاط در مسیر بیوسنتزیکلسترول به وسیله چه ماده‌ای از سیر جلوگیری می‌شود (ژب‌هارت و بک[1]، ۱۹۹۶؛ کیوسژن[2]، ۲۰۰۲). آلیسین از فعالیت سه آنزیم در مسیر بیوسنتزی، آجوان از فعالیت دو آنزیم و دی‌آلیل‌سولفید از فعالیت یکی از این آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند. دی‌آلیل‌دی‌سولفید هم‌چنین سبب القا مقادیر زیادی از آدنوزین منوفسفات (cAMP) شده و در نهایت سبب غیرفعال شدن شکل‌های فسفریلیت دو آنزیم در مسیر بیوسنتز کلسترول و اسیدهای چرب می‌شود. غلظت ۰/۵ میلی مولار آلیسین یا آجوان سبب کاهش بیوسنتز کلسترول به میزان ۳۰ درصد گردید که در مقایسه با ممانعت از بیوسنتز کامل کلسترول از نظر پزشکی مطلوب‌تر است. نحوه عمل سیر در این فرایند پیچیده بوده و شکل‌های مختلف سیر (تازه یا عصاره) که حاوی ترکیب مختلف فعال هستند همگی پتانسیل کاهش کلسترول را دارند.

برخلاف این نتایج مثبت، مطالعات دیگر نشان دادند که هیچ اثر مفیدی در اثر مصرف پیازی‌ها یا مواد استخراج شده از آنها حاصل نشده است. برای مثال یک مطالعه تصادفی در بزرگسالان با کلسترول بالا نشان داد که مصرف روزانه سیرچه‌هایی با میانگین چهار گرم یا مقدار معادل آن از عصاره یا پودر، به مدت شش ماه سبب کاهش کلسترول نشد. دلایل این گزارشات متناقض روشن نیست. اما مقدار مصرف پیازی‌ها ممکن است یک عامل موثر باشد و مصرف این مقدار سیر ممکن است نتواند سبب کاهش کلسترول خون گردد (بروستر، ۲۰۰۸).

1.Gebhart and beck
2. Keusgen

۹-٤-پاداکسید کننده‌ها و جلوگیری از خطر رادیکال‌های آزاد

اکسیداسیون مواد غذایی، انرژی متابولیسم را برای همه موجودات هوازی از جمله انسان فراهم می‌کند. برخی از محصولات فرعی نامطلوب با بعضی گروه‌های فوق‌العاده فعال با یک الکترون خارجی جفت نشده که به‌عنوان رادیکال‌های آزاد، گروه اکسیژن فعال یا سوپر اکسید شناخته شده‌اند نیز تولید می‌شوند. این گروه‌های فعال توانایی حمله و خسارت زدن به بسیاری از سیستم‌های بیوشیمیایی زنده از جمله مولکول‌های DNA را دارند. تصور می‌شود که چنین تخریب‌هایی سرآغاز بسیاری از بیماری‌ها، از جمله بیماری‌های عروق سرخرگی باشد. هم‌چنین DNA های صدمه دیده می‌توانند سبب غیرقابل کنترل شدن تقسیم سلولی و در نتیجه ازدیاد سلول‌های سرطانی شوند. فرآیند پیر شدن نیز به‌عنوان عاملی برای خطر حمله رادیکال‌های آزاد تلقی می‌شود.

سیر و دیگر سبزی‌ها یک منبع غنی از آنتی اکسیدان‌ها بوده که قادرند با رادیکال‌های آزاد واکنش داده و آنها را از نظر شیمیایی خنثی نمایند. به‌ویژه کیورستین که آنتی اکسیدانی قوی بوده و بعد از خوردن سیر می‌تواند میزان همه اکسیدان‌ها را در پلاسمای خون کاهش دهد. ۲۰ تا ۵۰ درصد کیورستین گلوکوزاید خورده شده، بستگی به نوع گلوکوزاید، جذب می‌شود. هم‌چنین نوع گلوکوزاید بر زمان جذب، که در محدوده‌ی ۰/۵ تا ۹ ساعت می‌باشد، موثر است. دفع بعدی کیورستین که نیم عمر آن حدود ۲۴ ساعت است پایین می‌باشد. توانایی به دام انداختن انواع خاصی از رادیکال‌های آزاد در بعضی از ترکیبات مشتق شده از سیر برای مثال دی‌آلیددی‌سولفید ثابت شده است. هرچه میزان آنتی اکسیدان در یک سیستم بیشتر باشد میزان خنثی شدن رادیکال آزاد، قبل از آن‌که به سلول‌ها صدمه بزند، نیز بیشتر خواهد شد. علاوه بر آنتی اکسیدان‌های بلع شده، سلول‌ها نیز سیستم‌های آنزیمی برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد تولید می‌کنند و بعضی از مواد معدنی به‌ویژه سلنیوم، آهن، منگنز و مس کوفاکتورهای ضروری برای این آنزیم‌ها می‌باشند. بنابراین میزان مواد معدنی به‌ویژه سلنیوم سبزی‌ها از این لحاظ به منظور دفاع سلولی علیه رادیکال‌های آزاد و پتانسیل سرطان‌زایی آنها مهم است.

ورود بعضی از مواد سرطان‌زا به بیوشیمی سلول اجتناب ناپذیر است. ترکیباتی از پیازی‌ها سبب توقف فعالیت‌های آنزیم‌هایی که فعالیت سرطان‌زایی دارند و به نام فاز ۱ آنزیم نامیده می‌شوند و هم‌چنین باعث القا و تنظیم فعالیت آنزیم‌های مسئول غیرسمی شدن مواد سرطان‌زا (به نام فاز ۲آنزیم) می‌شوند. برای مثال آلیسین و دی آلیددی‌سولفید سبب غیرفعال شدن سایتوکروم انسانی که سبب فعال شدن مواد سرطانی در کشت‌های درون شیشه‌ای می‌شود، خواهد شد. به‌علاوه در خرگوش‌هایی که از پودر سیر تغذیه می‌کردند فعالیت آفلاتوکسین‌های سرطان‌زا کاهش و میزان آنزیم‌های غیرسمی در کبد افزایش یافت و صدمات کمتری در اثر خوردن مواد سرطان‌زا در مقایسه با شاهد مشاهده گردید (بروستر، ۲۰۰۸) .

فاز ۲ آنزیم، مواد سرطان‌زا را با گروه‌های شیمیایی ترکیب کرده و سبب دفع شدن آنها از طریق ادرار می‌شود. بیشتر آنزیم‌های فاز ۲ شامل گلوتانین ریدوکتاز و کیونول ریدوکتاز در اثر خوردن دی‌آلیددی‌سولفید که در سیر یا روغن سیر یافت می‌شوند، فعال می‌گردند. سیر یا روغن سیر و روغن پیاز تعداد و سرعت رشد تومورها را در موش و هم‌چنین سرطان خون را در کشت سلولی کاهش داده‌اند (گریفیث و همکاران[1]، ۲۰۰۲) .

۹-۵-اثر سلامتی بخش فروکتان‌ها

از آنجا که فروکتان‌ها (از الیگو ساکاریدهای موجود در پیازی‌ها) موجود در سبزی‌های پیازی در قسمت بالای روده هضم نمی‌شوند، یک منبع مهم انرژی برای باکتری‌هایی هستند که بتا- فراکتوسایدز را در کلون بزرگ تولید می‌کنند. این ماده سبب ازدیاد باکتری‌های مفیدی همانند بای‌فی۲ -باکتریا و لاکتوباسیلیس شده که به باکتری‌های مضر خسارت می‌زنند. این باکتری‌های سلامتی بخشِ باکتری‌های پروبیوتیک نامیده شده و تولیدات آنها به‌عنوان مکمل‌های غذایی در سطح وسیع فروخته می‌شوند. ازدیاد باکتری‌های پروبیوتیک که بوسیله فروکتان‌ها تسریع می‌شوند اثر پروبیوتیک فروکتان‌ها

1. Griffiths et al.

نامیده می‌شوند (دلزنی[1]، ۲۰۰۳). این اثر نتیجه کلونی باکتری‌های کوچکی هستندکه رشته‌های کوتاه اسیدهای چرب، برای مثال لاتاک بوتیرات، تولید می‌کنند. در نتیجه pH کاهش یافته و سبب افزایش جذب کاتیون‌های معدنی از روده توسط خون می‌شوند. رشته‌های کوتاه اسیدهای چرب تولید شده می‌توانند جذب شده و به کبد رسیده و متابولیسم چربی‌ها را تعدیل نمایدکه در نتیجه گردش چربی‌ها در خون، کلسترول کل و کلسترول نوع ال دی ال خون کاهش خواهد یافت.

تغییرات باکتری‌های کلونی ممکن است فعالیت مواد سرطان‌زا را در کلون کاهش داده سبب تحریک سیستم ایمنی بدن شوند که در نتیجه مقاومت در مقابل آلودگی‌ها و سرطان‌ها، به‌خصوص سرطان کلون افزایش خواهد یافت. فواید متابولیسم گلوکز شامل افزایش ترشح انسولین و تغییر در متابولیسم هورمون‌ها، در مطالعات فروکتان در حیوان‌ها نیز گزارش شده است. بنابراین اثر سلامتی بخش الیگو ساکاریدهای غیر قابل هضم نظیر فروکتان‌ها فراوان و سیستمیک بوده و فقط محدود به اثرشان در هضم نمی‌شود (دلزنی،۲۰۰۳). مکانیسم این اثرات به‌طور کامل شناخته نشده، اما این فواید از دیگر اثرات سلامتی بخش پیازی‌های خوراکی بوده که یک تاثیر مهمی به‌عنوان غذاهای موثر به‌خصوص در کنترل بیماری‌های مرتبط با رژیم های غذایی در جوامع توسعه یافته دارند.

۹-٦-سلنیوم و پیازی‌ها

عنصر معدنی سلنیوم در جلوگیری از بیماری‌های عروق، تحریک پاسخ ایمنی، توقف شرایط نامناسب، فعالیت مغز، فیزیولوژی تولید مثل و پیشگیری از سرطان‌ها به‌خصوص سرطان پروستات در مردان موثر است. متوسط جذب سلنیوم در بیشتر کشورهای اروپایی فقط در حدود ۶۰ درصد مقدار روزانه توصیه شده در ایالات متحده آمریکا می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که جذب در حدود ۲۰۰ میکروگرم در روز از این عنصر (در حدود سه بار بیشتر از مقدار مصرف کنونی در آمریکا) حداکثر اثربخشی در سلامتی را

2. Delzenne

دارد. بنابراین تمایل به استفاده از مکمل‌های جذب سلنیوم در رژیم غذایی در بعضی از کشورها وجود دارد.

سلنیوم جذب و با ترکیبات معطر سیر همانند گوگرد مخلوط می‌شود. تامین مقدار سلنیوم روزانه توصیه شده در یک وعده غذایی با مصرف پیازهای تولید شده در خاک غنی از سلنیوم امکان‌پذیر است. به‌علاوه مصرف پیازی‌ها زیاد بوده و یکی از اجزای غذاهای فرآوری شده هستند. بنابراین برای درصد بالایی از افراد جامعه این گیاهان فرصت مناسبی برای جذب سلنیوم به میزان کافی و بدون نیاز به تغییر عادت غذایی فراهم می‌کنند (گری فیث و همکاران، ۲۰۰۲) .

مصرف زیاد سلنیوم به میزان ۶۰۰ میکروگرم در روز مضر می باشد. بنابراین فراهم نمودن جذب سلنیوم از طریق سبزی‌ها که خودشان تمایل به خود تنظیمی میزان سلنیوم و سایر ریزمغذی‌ها را دارند شاید سالم‌تر از توصیه تامین سلنیوم از طریق قرص‌های مکمل است. سیر نیز غنی از سلنیوم بوده و به‌عنوان یک غذای موثر برای افزایش سلامتی بررسی شده است (بلوک، ۲۰۰۵). افزایش تدریجی و استفاده از پیازهای غنی شده از سلنیوم هنوز در مراحل اولیه تحقیق بوده و ممکن است در آینده مورد استفاده قرار گیرند. به نظر می‌رسد در آینده پیازهای غنی از سلنیوم به‌تنهایی یا به موازات محصولات دیگر غنی شده از سلنیوم (مثلا آرد و نان) تولید گردند.

منابع

آزمایش‌فرد، پ. ۱۳۷۱. بررسی مورفولوژی و بیولوژی مگس پیاز در کرج *Hylemyia antiqua*. مجله علوم کشاورزی ایران. (۲۳): ۷۲-۶۱.

احمدی، ح. و ح. روحانی‌نژاد. ۱۳۸۴. بررسی اثر فاصله ردیف و بوته کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر رقم مازند. خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران. مشهد، ایران: ۳۳۴-۳۳۳.

احمدی، ر. ۱۳۹۴. کرم سیر. اولین همایش گیاهان دارویی و داروهای گیاهی.تهران.

اخیانی، ا.، ر. موحدیان و م. دامادزاده. ۱۳۶۵. بررسی نماتد ساقه یونجه *Ditylenchus dipsaci* در استان اصفهان. هشتمین کنگره گیاهپزشکی ایران. اصفهان.

ارجمندیان، ا. ۱۳۹۴. بررسی اثر روش‌های ضدعفونی بذر سیر جهت کنترل پوسیدگی‌های قارچی. اولین همایش گیاهان دارویی و داروهای گیاهی. تهران.

ارشاد، ج. ۱۳۸۸. قارچهای ایران. انتشارات موسسه تحقیقات گیاهپزشکی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران.

اسدی، پ. و م. ایزدیار. ۱۳۵۲. سفیدک دروغی پیاز. نشریه بیماری‌های گیاهی. ۹ (۳ و ۴): ۱۲۸-۱۱۲

افشار، ج. ۱۳۱۷. آفات صیفی، سبزیجات، نباتات صنعتی و علوفه در ایران. انتشارات اداره کل کشاورزی تهران.

باب الحوائجی، ح. و م. خانجانی. ۱۳۸۷. اثر زمان برداشت بر کنترل کرم سیر *Dyspessa ululla pallidata* (Staudinger) (Lep.,) Cossidae در منطقه همدان. پژوهش کشاورزی. ۱ (۸): ۶۶-۵۷.

باغانی، ج. ۱۳۸۷. مقایسه اثرات تغییر روش آبیاری شیاری به قطره‌ای بر میزان و کارآیی مصرف آب و عملکرد محصول در زراعت‌های ردیفی. مجله آبیاری و زهکشی (۲): ۱۸-۱۱.

بذل ، ش.، ف. دشتی و م. دلشاد. ۱۳۹۶. تأثیر سولفات و سلنیوم بر برخی شاخص‌های ریخت-شناختی و ویژگی‌های پاداکسندگی پیاز قرمز آذرشهر. علوم باغبانی ایران. ۴۸ (۳): ۶۳۳ -۶۲۳ .

بقالیان،ک.، س.ع. ضیایی ، م. ر. نقوی و ح. ع. نقدی بادی.۱۳۸۳. ارزیابی پیش از کشت اکوتیپ-های سیر ایرانی از نظر میزان آلیسین و خصوصیات گیاهشناسی. فصلنامه گیاهان دارویی.سال چهارم، شماره سیزدهم: ۵۹-۵۰.

بهروزین، م. وپ. اسدی. ۱۳۷۳. معرفی سه گونه فوزاریوم عامل پوسیدگی ریشه و غده پیاز خوراکی و تعیین فراوانی آنها در آذربایجان شرقی. مجله بیماری‌های گیاهی. ۳۰ : ۴۹-۴۱.

بیات، ف. ۱۳۹۸. اصول نگهداری سیر در انبار. مجموعه مقالات برنامه ملی انتقال یافته‌های سیر، همدان.

بیات، ف.، ل. بهبهانی، ع. ا. نصرتی و ع. دارابی. ۱۳۸۵. گزارش نهایی تعیین زمان برداشت و شرایط بهینه خشک کردن مقدماتی سیر. مراکز تحقیقات کشاورزی همدان و خوزستان .

بی‌نام .۱۳۹۲. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی. سازمان ملی استاندارد ایران. استاندارد ملی شماره ۱۶۵۹۶.

حیدری، ح. ۱۳۶۵. بررسی بیواکولوژی پروانه کرم سیر در همدان. مجله آفات و بیماریهای گیاهی. ۵۴ (۱ و ۲):۹-۱.

خانجانی، م. ۱۳۸۸. آفات سبزی و صیفی ایران. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

خدادادی، م. و ع. ا. نصرتی. ۱۳۹۰. اثر تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر سفید همدان. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲ –۷ ۲ (۴): ۵۰۰-۴۹۱.

خراط صادقی، ش. و س. رعیت پناه . ۱۳۷۷. معرفی بهترین تاریخ کاشت سیر قرمز در شالیزارهای مازندران بعد از برداشت برنج و در اراضی خشکه. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و به نژادی نباتات ایران: ۵۱۵-۵۱۴.

خواجه‌پور. م. ر. ۱۳۷۶. اصول و مبانی زراعت. چاپ دوم . انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.

دارابی، ع. و ع. دهقانی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و شدت بیماری زنگ در سیر انتخاب شده رامهرمز. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۶ (۱): ۵۵-۴۳.

دهقانی، ع. ۱۳۹۸. هم‌افزایی آفت تریپس و بیماری سفیدک کرکی سیر و امکان کاهش بیماری با کنترل به موقع تریپس. مجموعه مقالات برنامه ملی انتقال یافته‌های سیر، همدان.

دهقانی، ع. و رفیع، م. ر. ۱۳۹۱. اثر مقادیر مصرف نیتروژن و فسفر بر بیماری زنگ سیر. پنجمین کنگره گیاهپزشکی ایران، ۴-۷ شهریور ، شیراز.

راشد محصل، م. ح.، ح. نجفی و م. د. اکبر زاده. ۱۳۸۸. بیولوژی و کنترل علف‌های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. ایران.

رضوانی، س. م. ا.، ف. بیات، و ع. نصرتی. ۱۳۹۰. تغییرات برخی ویژگی‌های کمی و کارایی مصرف آب توده سیر سفید همدان در زمان‌های قطع و سطوح مختلف آبیاری. مجله علمی پژوهشی تحقیقات مهندسی کشاورزی ۳ (۱۲): ۱۴-۱.

رضوانی، س. م. ا.، ف. بیات، و ع. ا. نصرتی. ۱۳۹۴. تغییرات ویژگی‌های کیفی سیر سفید همدان در زمان‌های قطع و سطوح مختلف آبیاری در مدت نگهداری و رابطه آن با کارایی مصرف آب. نشریه علمی آبیاری و زهکشی ایران. ۶ (۹): ۹۸۲-۹۷۳.

رفیع، م. ر. ۱۳۸۸. بررسی اثرات ازت و فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی سیر انتخاب شده رامهرمز. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان، ایران.

زربخش، ع. ۱۳۸۱. بررسی کلکسیون توده‌های بومی سیر در مناطق مختلف و مطالعه اثرات اقلیمی بر خصوصیات مرفولوژیکی آن. گزارش نهایی بخش تحقیقات سبزی و صیفی مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین.

زند، ا.، م. اویسی، م. ابراهیمی، م. راستگو و م ر. لبافی حسین آبادی. ۱۳۸۷الف. راهنمای مدیریت علف‌های هرز. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ایران.

زند، ا.، س. ک. موسوی و ا. حیدری. ۱۳۸۷ب. علف‌کش‌ها و روش‌های کاربرد آنها. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ایران.

زند، ا.، ن. نظام آبادی، م. ع. باغستانی، پ. شیمی و س. ک. موسوی. ۱۳۹۸. راهنمای کنترل شیمیایی علف‌های هرز ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ایران.

سالار دینی، ع. ۱۳۸۸. حاصلخیزی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.

سیلسپور، م. ۱۳۹۸. مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در زراعت سیر به منظور کاهش نیترات محصول. نشریه فنی شماره ۵۵۹. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

سیلسپور، م. و ح. ملاحسینی. ۱۳۸۴. تولید پایدار، ارتقای عملکرد و بهبود کیفیت با مدیریت مصرف بهینه کود در محصولات سبزی و صیفی. نشریه فنی شماره. ۴۸ .موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

سیلسپور. م. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. مصرف عناصر کم نیاز (کم مصرف) در محصولات سبزی و صیفی، گامی موثر در افزایش عملکرد و ارتقاء سلامت جامعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

شاهچراغی، م.، ا. خیری، و خ. جمشیدی. ۱۳۷۰. بررسی نماتد ساقه یونجه *Ditylenchus dipsaci* و چگونگی پراکندگی آن در مزارع علوفه‌کاری زنجان. دهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، کرمان.

شاه محمدی، ر.، م. میرلطیفی، و م. محمدی. ۱۳۸۶. شبیه سازی هیدرولیکی لوله‌های فرعی (لترال‌ها) آبیاری بارانی. مجله علوم و فنون باغبانی کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم، شماره چهلم (الف). ۵۲-۳۹.

شرفه، م. ۱۳۶۵. بررسی تغییرات جمعیّت نماتد ساقه یونجه در شیراز. هشتمین کنگره گیاهپزشکی، اصفهان.

شکاری، ف.، ب. اسماعیل‌پور و ف. شکاری .۱۳۸۸. فیزیولوزی سبزی‌ها.جلد دوم (ترجمه). انتشارات دانشگاه زنجان.

صباغ‌زاده، ف. و ع. کاشی. ۱۳۸۴. مقایسه دو جمعیت سیر تحت تراکم‌های مختلف کاشت. خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران.

صداقتی، ع.، م. کافی، ش. رضوان بیدختی و ش. اکبری. ۱۳۹۴. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوی آلیسین دو اکوتیپ گیاه دارویی سیر(*Allium sativum* L.). دوماهنامه علمی -پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۱ (۶): ۱۰۳۴-۱۰۲۴.

صفر علیزاده، م. ح. ۱۳۷۲. بررسی خصوصیات بیواکولوژیک کرم سیر و تاثیر زمان برداشت در میزان آلودگی. گزارش تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

طاووسی، م.، ع. دارابی، ل. بهبهانی، ع. دهقانی، م. ر. رفیع و ر. پور آذر. ۱۳۹۰. دستورالعمل کاشت، داشت و برداشت سیر در استان خوزستان.مرکز تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

کلافچی، م.، ر. عبادی، و م. مبلی. ۱۳۸۱. بررسی تراکم جمعیّت و میزان خسارت تریپس پیاز *Thrips tabaci* Lind. روی ارقام پیاز در اصفهان. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، کرمانشاه.

عامریان، م.، ف. دشتی و م. دلشاد. ۱۳۹۳. تأثیر منابع و سطوح مختلف سلنیوم بر برخی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی پیاز (*Allium cepa* L.). فن‌آوری تولیدات گیاهی. ۱۴ (۲): ۱۷۹-۱۶۳.

عباسی‌فر، ا. ۱۳۷۹. بررسی سازگاری و تعیین تاریخ کاشت مناسب ارقام انتخاب شده سیر کشور در استان مرکزی. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باغبانی ایران. صفحه ۱۶۱.

عباسی‌فر، ا. ر.، ح. ر. دری و ب. اسدی. ۱۳۸۶. بررسی صفات کمی و کیفی سیر در سه منطقه استان مرکزی. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم باغبانی، ایران: ۷۳-۷۲.

عباسی‌فر، ا. و ف. دشتی. ۱۳۹۴. مطالعهٔ ارتباط بین صفات مورفولوژیک با گل‌دهی در هم‌گروه‌های سیر ایرانی. مجله علوم باغبانی ایران. ۶۴ (۱): ۷۵-۶۳.

عباسی‌فر، ا.، ف. دشتی، و ع. چهرگانی .۱۳۹۴. مطالعه گل‌دهی و باروری دانه گرده در هم‌گروه‌های سیر ایرانی. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال پنجم. شماره پانزدهم: ۱۵۲-۱۴۳.

عمارلو، ع.، س. ک. کاظمی‌تبار، و ح. نجفی زرینی. ۱۳۹۳. بررسی مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برخی از اکوتیپ‌های گیاه *Allium sativum* L. در مناطق شمال و شمال غرب کشور. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، شماره پیاپی ۷، سال دوم، شماره ۳: ۱۷- ۱۰.

قائمی، ع.، ز. حسین آبادی، و ع. سپاسخواه. ۱۳۸۷. بررسی راندمان کاربرد آب در آبیاری معمولی و یک در میان نواری- قطره‌ای (Tape) و جویچه‌ای و تاثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۲۲ (۲): ۹۴- ۸۵.

قدمی فیروز آبادی، ع.، ع. ا. نصرتی، ح. دهقانی سانیج ، ع. م. جعفری، و ر. بهراملو. ۱۳۹۷. مقایسه فنی و اقتصادی دو سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و نشتی و سطوح مختلف ازت بر میزان عملکرد و کارایی مصرف آب. نشریه آبیاری و زهکشی. ۱۲ (۲): ۲۹۲-۲۸۳.

محیسنی، ع. ا. ۱۳۸۱. زیست‌شناسی مگس سیر *Delia* sp. (Dip., Anthomidae) و اهمیّت آن در شهرستان طارم. پانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، کرمانشاه.

مشهدی جعفرلو، ا. ۱۳۸۵. تاثیر دور آبیاری و سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد سیر. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه خاک شناسی. دانشگاه زنجان.

مطلبی‌فرد، ر. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب سیر در شرایط مختلف آبیاری و کود نیتروژن. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ب. جلد ۲۹. شماره ۴. ۴۸۲-۴۶۵.

ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۹. رابطه‌ی مصرف بهینه‌ی کود و تولید محصولات کشاورزی سالم. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، سال چهارم، شماره ۱۶، زمستان. ۱۵۰- ۱۳۳.

ملکوتی، م. ج.، ا. بابیوردی و س. ج. طباطبایی. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربردی. سبزی و صیفی معاونت زراعت. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

ملکوتی، م. ج.، ع. ا. شهابی، و ک. بازرگان. ۱۳۹۵. پتاسیم در کشاورزی"نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم". انتشارات مبلغان. تهران، ایران.

ملکوتی، م. ج.، و م. م. طهرانی. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

ملکوتی. م .ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با مصرف بهینه کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران. نشر آموزش کشاورزی.

ملکوتی، م. ج.، و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک "مشکلات و راه حل‌ها". دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی. تهران، ایران.

موسوی، م. ر. ۱۳۹۴. کنترل علف‌های هرز و اصول و روش‌ها. چاپ سوم، انتشارات مرز دانش. تهران.

موسوی، س. ک.، ا. زند، و ح. صارمی. ۱۳۹۱. کارکرد فیزیولوژیک و کاربرد علف‌کش‌ها. انتشارات دانشپاه زنجان. زنجان. ایران.

نوربخش، س. ۱۳۹۸. فهرست آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مهم محصولات عمده کشاورزی، آفت‌کش‌ها و روش‌های توصیه شده جهت کنترل آنها. سازمان حفظ نباتات. معاونت کنترل آفات.

نوری. م.، ف. دشتی، و ف. بیات. ۱۳۹۴. تغییرات شاخص‌های رشد رویشی و عملکرد سیر در منابع و سطوح مختلف کود نیتروژنه. دو فصلنامه سبزیها، شماره اول، دانشگاه ایلام.

وفایی، ی.، ف. دشتی، م. مردی و ا. ارشادی.۱۳۸۸. بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های سیر ایرانی با استفاده از صفات مورفولوژیک و نشانگرهای مولکولیAFLP. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۰ (۱): ۲۲-۱۳.

همتی، ف. و، پ. بندیکتوس. ۱۳۷۹. بررسی مقاومت توده‌های پیاز بانک ژنی گیاهی ملی ایران به تریپس پیاز *Thrips tabaci* چهاردهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، اصفهان.

Abbey, L., D. C. Joyce, J. Aked, and B.Smith. 2002. Genotype, sulphur nutrition and soil type effects on growth and dry–matter production of spring onion. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(3): 340-345.

Abo El-Nil, M. M. 1977. Organogenesis and embryogenesis in callus cultures of garlic (*Allium sativum* L.). Plant Science Letters 9: 259-264.

Agrios, G. 2005. Plant Pathology. Academic Press.

Ahmed, A. H. H. 1996. Physiological studies on tipburn and nitrate accumulation in lettuce plants, The Journal of Agricultural Science 21: 3971–3994.

Ahmed, S. A., and N. M. Kandeel. 1991. Response of garlic to Oxyfluorfen, Ronstar and Stomp applied for annual weed control. Assiut Journal of Agricultural Sciences 22: 197-208.

Ahmed, A. H. H., M. K. Khalil, and A. M. Farrag. 2000. Nitrate accumulation,growth, yield and chemical composition of Rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) plant as affected by NPK fertilization, kinetin and salicylic acid, in: Proceedings of ICEHM 2000, Cairo University, Egypt, pp. 495–508.

Ahmed, M. E. M., N. I. A. El-Kader, and A. A. E. Derbala. 2009. Effect of Irrigation Frequency and Potassium Source on the Productivity, Quality and Storability of Garlic. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3.4: 4490-4497.

Akbarpour, A., B Kavoosi, M. Hosseinifarahi, S. Tahmasebi, and S. Gholipour. 2021. Evaluation of yield and phytochemical content of different Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. International Journal of Horticultural Science and Technology. 8 (4): 385-400.

Alam, M. D., M. A. Rahim, and M. S. Sultana. 1999. Effects of paclobutrazol and sulphur fertilizer on the growth and yield of garlic. Bangladesh-Journal-of-Training-and-Development 12 (1-2): 223-230.

Al-Jamal, M. S., S. Ball, and T. W. Sammis. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. Agricultural Water Management 46: 253-263.

Alirzaev, D. G. 1989. Herbicides for onion weeding. Zashchita Rastenii. 12: 32-33.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainagepaper 6, FAO, Rome (available online at http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm, accessed 4 August 2005).

Al-Safadi, B., N. Mir-Ali, and M. I. E. Arabi. 2000. Improvement of garlic (*Allium ativum* L.) resistance to white rot and storability using gamma irradiation inducedmutations. Journal of Genetics and Breeding 54: 175-181.

Alva, A.K., R.A. Hodges, R.A. Boydston, and H.P. Collins. 2002. Dry matter and nitrogen accumulations and partitioning in two potato cultivars. Journal of Plant Nutrition 25: 1621-30.

Al-Zahim, M. A., B. V. Ford Lloydm, and H. J. Newbury. 1999. Detection of some clonal variation in garlic (*Allium sativum* L.) using RAPD and cytological analysis. Plant Cell Reports 18: 473-477.

Ammirato, P. 1983. The regulation of somatic embryo development in plant cell cultures: Suspension culture techniques and hormone requirements. Bio/Technology 1: 68-74.

Anonymus, 1992. CECSCF (Commisson of the European Communities Scientific Committee for food. Report of the nitrite and nitrate, XXXVI series. Opinion of 19 October 1990. EUR, 130-139.

Anonymus, 1998. Institute of Standards and Industrial Research, test and measurement of nitrite and nitrate in fruit and vegetable products by their measured molecular spectrum. Standard No. 4106.

Aoyama, S. Y., T. O. Morimitsu, and T. Tashiro. 2000. Effects of fertilizer nutrient on volatile sulfur compounds content of garlic bulb (*Alliumsativum* L.). Report of the Tokai Branch of the Crop Science Society ofJapan 129: 31-32.

Atashi, S., V. Akbarpour, K. Mashayekhi, and S. J. Mousavizadeh .2011. Garlic physiological characteristics from harvest to sprouting in response to low temperature. Journal of Stored Products and Postharvest Research 2(15): 285–291.

Ayars, J. E., C. J. Phene, R. B. Hutmacher, K. R. Davis, R. A. Schoneman, S. S. Vail, and R. M. Mead. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: A review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. Agricultural Water Management 42(1): 1-27.

Ayars, J. E., E. W. Christen, R. W. O. Soppe, and W. S. Meyer. 2006. Resource potential of shallow groundwater for crop water use: A review. Irrigation Science 24(3): 147-160.

Ayars, J. E. 2007. Water Requirements of Irrigated Garlic. Proceedings of the American Society of Agricultural and Biological Engineers International (ASABE). Paper #72285, 2007 ASABE Annual Meeting.

Barandiaran , X., N. Martin, M. F. Rodriguez Conde, A. D. Pietro and J. Martin .1999a .Genetic variability in callus formation and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.). Plant Cell Reports 18: 434-437.

Barandiaran ,X., N. Martin, M. F. Rodriguez Conde, A. D. Pietro, and J. Martin. 1999b. An efficient method for callus culture and shoot regeneration of garlic (*Allium sativum* L.). Hort Science 34: 348-349.

Barrueto Cid, L. P., R. D. Illg, and A.E. Piedrabuena. 1994. Regeneration of garlic plants (*Allium sativum* L., cv "chonan") via cell culture in liquid medium. In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant 30: 150-155.

Bender, R.R., J.W. Haegele, M.L. Ruffo, and F.E. Below. 2013. Nutrient uptake, partitioning and remobilization in modern transgenic insect protected maize hybrids. Agronmy Journal 105: 161-70.

Bertoni. G., P. Morard, and L. Espagnacq. 1988. Changes in The absorption of mineral elements in garlic .Agrochimica 32(5-6): 518-530.

Block, E. 1992. The organosulfur chemistry of the genus Allium–implications for organic sulfur chemistry. Angewandte Chemie, International Edition in English 31: 1135-1178.

Block, E. 2005. Biological activity of allium compounds: recent results. Acta Horticulturae 688: 41-57.

Block, E., H. Gulati, D. Putman, D. Sha, N. Y. ou, and S. Zhao. 1997. Allium chemistry: synthesis of 1-[Alk(en)ylsulfinyl]propyl Alk(en)yl disulfides (cepaenes), antithrombotic flavorants from homogenates of onion (*Allium cepa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 45: 4412–4422.

Blom-Zandstra, M., and J. E. M. Lampe. 1983. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce plants. Journal of Plant Nutrition 6: 611–628.

Bodnar, J., B. Schumacher, and J. Uyenaka. 1990. Garlic production.Http://www.gov.on.ca/ OMAF/english/cr ops/facts/97-007.htm.

Boydston, R. A., and M. D. Seymour. 2002. Volunteer potato (*Solanum tuberosum* L.) control with herbicides and cultivation in onion (*Allium cepa* L.). Weed Technolgy 16: 620-626.

Brewster, J. L. 1994. Onions and other vegetable *Alliums*. First edition CABI International, UK .

Brewster, J.L. 1997. Onions and garlic. pp. 581 – 619. In: Wien, H. C. (ed). The Physiology of Vegetable Crops. CAB International. UK.

Brewster, J, L. 2008. Onions and Other Vegetable Alliums. 2nd edition. CABI International, UK .

Brewster, J. L., and H. D. Rabinowitch. 1990. Garlic Agronomy. pp.109-146. In: J. L. Brewster and H. D Rabinowitch (eds.), Onions and allied crops. Volume. III. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Burba, J. L. 1993. Producción de “Semilla” de Ajo. Asociación Cooperadora EEA, La onsulta, Argentina.

Burba, J. L. 1997. Obtencion de nuevas culivares de ajo. 50 Temas Sobre Production. de Ajo 2: 49–53.

Buwalda, F., and M. Warmenhoven. 1999. Growth-limiting phosphate nutrition suppresses nitrate accumulation in greenhouse lettuce, The Journal of Experimental Botany 50: 813–821.

Cammack, R., C. L. Joannou, X. Y. Cui, C. T. Martinez, S. R. Maraj, and M. N. Hughes. 1999. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. Biochimica et Biophysica Acta 141: 475–488.

Cantwell, M. 2000. Alliin in Garlic. Perishables Handling Quarterly Issue 102, 5-6.

Cantwell, M. I. 2004. Garlic. Recommendations for maintaining postharvest quality. Retrieved from http:/postharvest.ucdavis/Produce/ Produce facts.

Cantwell, M. 2013. Garlic: Recommendations for maintaining postharvest quality. Retrieved from http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/ Garlic.

Cantwell, M., G. Hong , J. Kang, and X. Xie. 2001. Controlled atmospheres retard sprout growth, affect compositional changes, and maintain visual quality attributes of garlic. Acta Horticulturae 600: 791–794.

Cantwell, M., and T. V. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: Freshcut fruits and vegetables. pp. 1-16. In A. A. Kader (ed.), Postharvest technology of horticultural crops.publ 3311; http:// postharvest.ucdavis.edu.

Castallanos, J. Z., P. Vargas-Tapia, J. L. Ojodeagua, G. Hoyos, G. Alcantar-Gonzalez, F. S. Mendez, E. Alvarez-Sanchez, and A. A. Gardea. 2004. Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. HortScience 39: 1272–1277.

Cheng, M., J. E. Fry, S. Pang, H. Zhou, C. M. Hironaka, D. R. Duncan, T. W. Conner, Y. Wan, M. S. Z. Pang, H. P. Zhou, and Y. C. Wan. 1997. Genetic transformation of wheat mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Physiology 115: 971-980.

Chovelon, V., J. P. Leroux, and C. Dore. 1990. Sélection sanitaire de l'ail et de l'échalote:culture de méristèmes et régénération de variétés p 142-150. In: Doré, C. (ed) Cinquantenaire de la Culture in Vitro, Colloques de l'INRA.

Chuda, A., and Adamus, A. 2009. “Aspects of interspecific hybridization within edible Alliaceae”. Acta Physiologiae Plantarum 31:223–227.

Curtis, I. 2004. Transgenic Crops of the World–Essential Protocols, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Currah, L., and F. J. Proctor. 1990. Onions in tropical regions. Bulletin 35. Natural Resources Institute. Chatham. UK.

Dabhi, M., and N. Patel .2017. Effect of storage ventilation on bulb disease of onion. Advances in Food Science and Engineering 1(3): 100–106.

De La Cruz Medina, J., and H. S. García. 2017. Garlic: Post-harvest Operations. Food and Agricultural Organization of the of the United Nations.

Delzenne, N. M. 2003. Oligosaccharides: state of the art. Proceedings of the Nutrition Society 62: 177–182.

Dhall, R. K. and S. Ahuja. 2013. Post –harvest management in garlic. National seminar on Hight tec.cultivation of vegetable and its post harvest management. At: NHRDF, Karnal, India.

Dommisse, E. M., D. W. M. Leung, M. L. Shaw, and A. J. Conner. 1990. Onion is a monocotyledonous host for *Agrobacterium*. Plant Science 69: 249-257.

Eady, C. C. 2002. Genetic transformation of onions. . pp 119-144. In: Rabinowitch H. D., and L. Currah (Eds) Allium Crop Science: Recent Advances, CAB International, Wallingford,UK.

Duranti, A., and G. Barbieri. 1986. The response of garlic (*Allium sativum* L.) for storage to variations in irrigation regim and in planting density. Rivista della orto florofrutticoltura Italiana. 70,4.

Eady, C. C., R. J. Weld, and C. E. Lister. 2000. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation and transgenic-plant regeneration of onion (*Allium cepa* L.). Plant Cell Reports 19: 376-381.

Eady, C. C., S. Davis, J. Farrant, J. Reader, and F. Kenel. 2003a. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation and regeneration of herbicide resistant onion (*Allium cepa* L.) plants. Annals of Applied Biology 142: 213-217.

Eady, C. C., J. Reader, S. Davis, and T. Dale. 2003b. Inheritance and expression of introduced DNA in transgenic onion plants (*Allium cepa*). Annals of Applied Biology 142: 219-224.

Eady, C. C., S. Davis, A. Catanach, F. Kenel, and S. Hunger. 2005. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformati on of leek (*Allium porrum* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Plant Cell Reports 24: 209-215.

El-Shabrawy, A. M., A. M. Amein, F. N. Hussein, and A. A. Ali. 1987. Cultural practices in relation to garlic storage diseases. Assiut Journal of Agricultural Sciences 18: 1.

England, R. I. 1991. Growing Great Garlic**:** The Definitive Guide for Organic Gardeners and Small Farmers. Filaree Farms, Okanogan, WA.

Etoh, T. 1979. Variation of chromosome pairings in various clones of garlic, *Allium sativum* L. Mem. Fac. Agriculture. Kagoshima Univercity 15: 63–72.

Etoh, T. 1983. Germination of seeds obtained from a clone of garlic, *Allium sativum* L. Proceedings of the Japan Academy, Ser**.** B 59: 83–87.

Etoh, T. 1985. Studies on the sterility in garlic, *Allium sativum* L. Mem. Faculty Agriculture.Kagoshima University 21: 77-132.

Etoh, T. 1986. Fertility of the garlic clones collected in Soviet Central Asia. Journal of Japanease Socity for Horticultural Scienc 55: 312-319.

Etoh, T. 1997. True seeds in garlic. Acta Horticulturae. 433: 247–255.

Etoh, T. 2001. True seed garlic. Acta Horticulturae 12 (6): 433-437.

Etoh, T., Y. Noma, Y. Nishitarumizu, and T. Wakamoto. 1988. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. Mem. Faculty Agriculture. Kagoshima University 21: 77–132.

Etoh, T., T. Kojima, and N. Matsuzoe. 1991. Fertile garlic clones collected in Caucasia. pp.49 -54. In: P. Hanelt , K. Hammer, and H. Knupffer (eds.), Proc. Int. Symp.The genus *Allium*-Taxonomic Problems and Genetic Resources. Gatersleben, Germany.

Etoh, T. and P. W. Simon. 2002. Diversity, fertility and seed production of garlic. pp. 101- 117. In: Rabinowitch, H. D. and L. Currah (eds.). *Allium* crop science: recent advances. CAB

International, Wallingford, UK.

Evans, R. G., and P. M. Waller. 2007. Application of Chemical Materials In Microirrigation for Crop Production, 285-327. Vol. 13. F. R. Lamm et al., eds. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

Fakhar, F., A. Biabani, M, Zarei, and A. Nakhzari Moghadam. 2019. Effects of cultivar and planting spacing on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.). Italian Journal of Agronomy 14(1303): 108-113

FAO STAT. 2021. fao.org/faostat/en/#data/QC.

Fei, M. L. I., L. I. Tong, L. I. Wei, and L. De Yang. 2015. Changes in antioxidant capacity, levels of soluble sugar, total polyphenol, organosulfur compound and constituents in garlic clove during storage. Industrial Crops and Products 69: 137–142.

Fenwick, G. R. and A. B. Hanley. 1985. The genus Allium–part 3. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 23: 1–73.

Fereol, L., V. Chovelon, S. Causse, N. Michaux-Ferriere, and R. Kahane. 2002. Evidence of a somatic embryogenesis process and plant regeneration and acclimatization in garlic (*Allium sativum* L.). Plant Cell Reports 21:197-203.

Fereol, L., V. Chovelon, S. Causse, D. Triaire, I. Arnault, J. Auger, and R. Kahane. 2005a. Establishment of embryogenic cell suspension cultures of garlic (*Allium sativum* L.), plant regeneration and biochemical analyses. Plant Cell Reports 24: 319-325.

Fereol. L., V. Chovelon, S. Causse M. L. Kalumvueziko, and R. Kahane. 2005b. Embryogenic cell suspension cultures of garlic (*Allium sativum* L.) as method for mass propagation and convenient material for genetic improvement. Acta Horticulturae 688: 65-74

Flink, M., R. Pettersson, and O. Andven. 1995. Growth dynamics of winter wheat in the field with daily fertilization and irrigation. Journal of Agriculture and Crop Science 174(4): 239-252.

Freeman, J. L., Z. Lihong, A. M. Matthew, F.Sirine, P. M. Steve, and E. A. H. Pilon-Smits. 2006. Spatial imaging, speciation, and quantification of selenium in the hyperaccumulator plants. Astragalus bisulcatus and Stanleya pinnata. Plant Physiology 142(1); 124-134.

Fritsch, R. M., and N. Friesen. 2002. Evolution, domestication and taxonomy.pp. 5-30. In: Rabinowitch, H. D. and L. Currah (eds.), *Allium* crop sciences: recent advances, CAB Int.,Wallingford, UK.

Gebhart, R., and H. Beck. 1996. Differential inhibitory effects of garlic-derived organosulfur compounds on cholesterol biosynthesis in primary rat hepatocyte culture. Lipids 31: 1269–1276.

Ghaemizadeh, F., F. Dashtia, G. Khodakaramian, and H. Sarikhania.2014. Combination of stem-disc dome culture and thermotherapy to eliminate Allexiviruses and Onion yellow dwarf virus from garlic (*Allium sativum* cv. Hamedan). Archives of Phytopathology and Plant Protection 47(4): 499-507.

Ghaemizadeh, F., F. Dashti, and A. Shafeinia. 2019. Expression pattern of ABCDE model genes in floral organs of bolting garlic clone. Gene Expression Patterns 34: 1-9.

Ghosheh, H. Z., and H. K. Al-Shannag. 2000. Influence of weeds and onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), on onion bulb yield in Jordan. Crop Protection. 19: 175-179.

Ghosheh, H. Z. 2004. Single herbicide treatments for control of broadleaved weeds in onion (*Allium cepa* L). Crop Protection 23: 539-542.

Greenwood, D. J., J. J. Neeteson, A. Draycott, G. Wijnen, and D. A. Ston. 1992. Measurment and simulation of the effects of N-fertilizer on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nation wide onion experiments. Fertilizer Research 31: 305-318.

Griffiths, G., L. Trueman, T. Crowther, B. Thomas, and B. Smith. 2002. Onions–a global benefit to health. Phytotherapy Research 16: 603–615.

Haneklaus, S., E. Bloem, and E. Schung. 2007. Sulfur intraction in crop. pp: 19. In: M. J. Hawkesford and L. J. De Kok (eds.). Sulfur in plants. Springer.

Hanelt, P. 1990. Taxonomy, evolution and history. pp. 1-26. In: Rabinowitch, H. D. and J. L.

Brewster (eds.), Onions and allied crops, Vol. I. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Hannan, R. M., and E. J. Sorensen. 2002. Crop Profile for Garlic in Washington. College of Agriculture and Home Economics. Washington State University.

Hanson, B., D. May, R. Voss, M. Cantwell, and B. Rice. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural Water Management 58: 29-43.

Hasegawa, H., M. Sato, and M. Suzuki. 2002. Efficient plant regeneration from protoplasts isolated from long-term, shoot primordia-derived calluses of garlic (*Allium sativum*). Journal of Plant Physiology 159: 449-452.

Haque M. S, T. Wada, and K. Hattori. 1997. High frequency shoot regeneration and plantlet formation from root tip of garlic. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 50: 83-89.

Haque, M. S., T. Wada, and K. Hattori. 1999. Anatomical changes during in vitro direct formation of shoot bud from root tips in garlic (*Allium sativum* L.). Plant Production Science 2: 146-153.

Haque, M. S., T. Wada, and K. Hattori. 2000. Garlic roots for micropropagation through *invitro* bulblet formation. Acta Horticulturae 520: 45-51.

Hari, V. 1980. Effect of cell density changes and conditioned media on carrot cell embryogenesis. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie 96: 227-231.

Hiei, Y., S. Ohta, T, Komari, and T. Kumashiro. 1994. Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-DNA. Plant Journal 6: 271-282.

Hile, A. G., Z. Shan, and E. Block. 2004. A version of European starlings (*Sturnus vulgaris*) to garlic oil as an avian repellent. Garlic oil analysis by nuclear magnetic resonance spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 2192–2196.

Hochmuth, G. and K. Cordasco. 1998. A summary of N, P, and K research with Garlic Florida. Fla. Coop. Ext. Serv. Fact Sheet HS-754 (11 pp.)

Hoeptig, C. 2019. Eriophyid Mite Control Trial Results. Cornell cooperative extention, Vegetable Program. 20 p.

Hong, C. J. 1999. Fundamental studies on crossbreeding in garlic, *Allium sativum* L. PhD Thesis, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

Hong, C. J., and T. Etoh. 1996. Fertile clones of garlic (*Allium sativum* L.) abundant around the Tien Shan mountains. Breeding Science 46: 349–353.

Hong-jiu, L., H, Cai-ping, T, Pei-jiang, Y. Xue1, C. Ming-ming, and C. Zhi-hui. 2020. Response of axillary bud development in garlic (*Allium sativum* L.) to seed cloves soaked in gibberellic acid (GA3) solution. Journal of Integrative Agriculture 19(4): 1044–1054

Honson, B. R., D. May, R. Voss, M. Cantwell, and R. Rice. 2002. Garlic in clay loam soil thrives on little irrigation. California Agriculture 56 (4): 128-132.

Hore, J., K. S. Ghanti, and M. Chanchan. 2014. Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). The Journal of Crop and Weed 10(2): 14- 18.

Huchette, O., R. Kahane, J. Auger, I. Arnault, and C. Bellamy. 2004. Influence of environmental and genetic factors on the alliin content of garlic bulbs. Abstr. 4th Int. ISHS Symp. Edible Alliacea, Beijing, China.

Humphries, E.C. 1956. Mineral components and ash analysis In: Modern method of plant analysis. Spinger Velay. Berlin.

Hutmacher, R. B., R. M. Mead, and P. Shouse. 1996. Subsurface drip: Improving alfalfa irrigation in the west. Irrigation Journal 46 (1): 48-52.

Inaba, A., T. Ujiie, and T. Etoh. 1995. Seed productivity and germinability of garlic (in Japanese). Breeding Science 45:310.

Inal A., and C. Tarakcioglu. 2001. Effects of nitrogen forms on growth, nitrate accumulation, membrane permeability, and nitrogen use efficiency of hydroponically grown bunch onion under boron deficiency and toxicity. Journal of Plant Nutrition 24: 1521–1534.

Ipek, M., A. Ipek, and P. W. Simon. 2003. Comparison of AFLPs, RAPD markers, and isozymes for diversity assessment of garlic and detection of putative duplicates in germplasm collections. Journal of the American Society for Horticultural Science 128: 246-252.

Jaume, A.R., M. Corral, L. Grosso, and R. Tizio. 1997. Possible involvement of jasmonic acid in bulb forming of garlic (*Allium sativum* L.). Acta Horticulture. 433:381-388.

Jenderek, M. M. 1998. Generative reproduction of garlic (*Allium sativum* L.) (in Polish). Sesja Naukowa 57: 141-145.

Jenderek, M. M. 2002. Development of S1 families in garlic. XXVI.The International of. Horticultural. Congress,Toronto, Canada, 433 (Abstract).

Jenderek, M. M. 2004. Development of S1 families in garlic. Acta Horticultura 637: 203-206.

Jenderek, M. M. and R. M. Hannan. 2000. Seed producing ability of garlic (*Allium sativum* L.) clones from two public U.S. collections. Proceedings of the Third International Symposium Edible *Alliaceae*, Athens,GA.

Jenderek, M. M. and R. M. Hannan. 2004a. Genetic diversity among U.S. garlic clones as detected using AFLP methods. HortScience 39: 485-488.

Jenderek, M. M. and R. M. Hannan. 2004b. Tolerance to rust (*Puccinia allii*) in seed derived garlic progenies. HortScience 39: 775

Jenderek M. M., and Y. Zewdie. 2005. Within- and between-family variability for importantbulb and plant traits among sexually derived progenies of garlic. HortScience 40(5): 1234-1236.

Jensen, L. 2005. Controlling thrips in onion. Onion World December 13–16.

Jerry, W. 2011. Vegetable crop management department of soil, water and climate conservation.

Jones, M. G., J. Hughes, A. Tregova, J. Milne, A. B. Tomsett, and H. A. Collin. 2004. Biosynthesis of the flavour precursors of onion and garlic. Journal of Experimental Botany 55: 1903–1918.

Kahane, R., M. Rancillac, and B. Schweisguth. 1992. Bulbing *in vitro* in *Allium* species. Allium Improvement Newsletters 2: 18-20.

Kamenetsky, R. 2007. Garlic: Botany and Horticulture. Horticultural Reviews 33: 123-172.

Kamenetsky, R., and H. D. Rabinowitch. 2001. Floral development in bolting garlic. Sexul Plant Reproduction 13: 235-241.

Kamenetsky, R. and R. M. Fritsch. 2002. Ornamental alliums. pp. 459-491. In: Rabinowitch, H. D. and L. Currah, (eds) Allium Crop Science: Recent Advances. CAB Int.,Wallingford, UK.

Kamenetsky, R., I. London Shafir, M. Baizerman, F. Khassanov, C. Kik, and H. D. Rabinowitch. 2004a. Garlic (*Allium sativum* L.) and its wild relatives from Central Asia: evaluation for fertility potential. Acta Hortticulture 637: 83-91.

Kamenetsky, R., I. London Shafir, H. Zemah, A. Barzilayand, H. D. Rabinowitch. 2004b.Environmental control of garlic growth and florogenesis. Journal of American Society for Horticultual Science 129: 144-151.

Kamenetsky, R., I. London Shafir, F. Khassanov, C. Kik, A. W. van Heusden, M. Vrielink-vanGinkel, K. Burger-Meijer, J. Auger, I. Arnault, and H. D. Rabinowitch. 2005. Diversity infertility potential and organo-sulphur compounds among garlics from Central Asia. Biodiversity and Conservation 14: 281-295.

Kamenetsky, R., F. Khassanov, H. D. Rabinowitch, J. Auger and C. Kik. 2007. Garlic bio- diversity and genetic resources. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology. 1(1): 1-5.

Kamenetsky, R., Faigenboim, A., Mayer, E.S., Michael, T.B., Gershberg, C., Kimhi, S.,Sherman, A., 2015. Integrated transcriptome catalogue and organ-specific profiling of gene expression in fertile garlic (*Allium sativum* L.). BMC Genomics 16 (1), 12.

Katahira, M., and Y. Motomura. 1999. Effects of temperatures on browning and phenolic substances in preparatory drying of raw garlic bulb. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology 45 (1): 10-15.

Karaye, A. K., and A. I. Yakubu. 2006. Influence of intrarow spacing and mulching on weed growth and bulb yield of garlic (*Allium sativum* L.) in Sokoto. Nigeria. African Journal of Biotechnology 5 (3): 260- 264.

Kazakova, A. A. 1971. Most common onion species, their origin and intraspecific classification. Trudy po Prikladnoi Botanike. Genetike i Selekzii 72: 135-136.

Keller, E. R. J. and A. Senula. 2001. Progress in structuring and maintaining the garlic (*Allium sativum* L.) diversity for the European genres project. Acta Horticulturae 555: 189-193.

Keusgen, M. 2002. Health and Alliums. pp. 357-378.In: Rabinowitch, H.D. and Currah, L. (eds) Allium Crop Science: Recent Advances. CAB International, Wallingford, UK.

Klein, T. M., E. D. Wolf, R. Wu, and J. C. Sanford. 1987. High-velocity micro projectiles for delivering nucleic acids into living cells. Nature 327: 70-73.

Koch, H. P., and L. D. Lawson. 1996. Garlic: the Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Species, 2nd edn. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland.

Kondo, T., H. Hasegawa, and M. Suzuki. 2000. Transformation and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) by *Agrobacterium*-mediated transfer. Plant Cell Reports 19: 197-202.

Knox J. W., and E. K. Weatherhead. 2005. The growth of trickle irrigation in England and Wales: data, regulation and water resource. Irrigation and drainage 54. PP. 135-143.

Kononkov, P. F. 1953. The question of obtaining garlic seed. Sad i Ogorod 8:38-40 (in Russian).

Konvicka, O. 1973. Die Ursachen der Sterilität von *Allium sativum* L. Biologia Plantarum (Praha) 15: 144-149.

Koul, A. K., and R. N. Gohil. 1970. Causes averting sexual reproduction in *Allium sativum* L. Linn. Cytologia 35: 197-202.

Kopsell, D. A., and W. M. Randle. 1997. Selenat concentration affects selenium and sulfur uptake and accumulation by 'Granex 33' onions. Journal of the American Society for Horticultural Science 122(5)*:* 721-726.

Lamm, F. R., and C. R. Camp. 2007. Subsurface drip irrigation. In Microirrigation for Crop Production, 473-551. Vol. 13. F. R. Lamm et al., eds. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

Lancaster, J. E., and M. J. Boland. 1990. Flavor biochemistry. pp. 33–72. In: Rabinowitch, H.D. and Brewster, J.L. (eds) Onions and Allied Crops, Volume . III. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Lawande, K. E. 2018. Onion and garlic storage for value addition and supply chain management. Journal of Allium Research 1(1): 1–6.

Lucier, G., and B. H. Lin. 2000. Garlic: Flavor of the Ages. Agricultural Outlook. Economic Research Service USDA 272: 7-10.

Maaß, H. I., and M. Klaas. 1995. Infraspecific differentiation of garlic (*Allium sativum* L.) byisozyme and RAPD markers. Theoritical and Applied Genetic 91: 89-97.

Machizuki, A., Y. Ishikava, and Y. Matsumoto. 1989. Factors on intra-host preference of the larvae of onion fly, Hylemyia antiqua. Entomology and Applied Ecology 24 (1): 36-41.

Mahmood, T., K. M. Khokhar, and M. Shakeel. 2007. Integrated weed management practices in garlic crop in Pakistan. Crop Protection 26: 1031-1035.

Malik, R., K. Kumar, and A. Bhandari. 1994. Effect of urea application through drip irrigation system on nitrate distribution in loamy sand soils and Garlic yield. Journal of the Indian Society of Soil Science 4 (1): 6-10.

Mangal, J. L., R. K., Singh, A. C. Yadave, S. Lal, and U. C. Pandey. 1990. Evaluation of garlic cultivars for salinity tolerance. Journal of Horticultural Science 65 (6): 657-658.

Martin de Santa Olalla, F., J. A. De Juan Valero, and C. Fabeiro Cortes. 1994. Growth and production of onion crop (*Allium cepa* L.) under different irrigation scheduling European Journal of Agronomy 3: 85–92.

Marzoky, E. L., A. Hanan, and W. I. Shaban. 2014. Studies on some garlic diseases during storage in Egypt. Journal of Applied Plant Protection 2(1): 25–30.

Maynard D. N., A.V. Barker, P. L. Minotti, and N. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables, Advenced in Agronomy 28: 71–118.

Maynard, D. N., A. V. Barker, P. L.Minotti and N. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Advenced in Agronmy 28: 71–118.

Meng, Q., S.Yue, X. Chen, Z. Cui, Y. Ye, W. Ma, Y., Tong, and F. Zhang. 2013. Understanding dry matter and nitrogen accumulation with timecourse for high-yielding wheat production in China. PLoS ONE. **8**: e68783. doi:10.1371/journal. pone.0068783.

Merusia, C., C. Corradinia, A. Cavazza, C. Borromeia, and P. Salvadeoa. 2010. Determination of nitrates, nitrites and oxalates in food products by capillary

electrophoresis with pH-dependent electroosmotic flow reversal. Food Chemistry 120 (2): 615-620.

Messiaen, C. M., J. Cohat, J. P. Leroux, M. Pichon, and A. Beyries. 1993. Les *Allium* alimentaires reproduits par voie vegetative. INRA, Paris.

Miedema, P. 1994. Bulb dormancy in onion. I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rooting. Journal of Horticultural Science 69(1): 29–39.

Mishra, R. K., , R. K. Jaiswal, D. Kumar, P. R. Saabale, and A. Singh. 2014. Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: A comprehensive review. Journal of Plant Breeding and Crop Science 6(11): 160–170.

Murmu, D. K., T. K. Hembram, A. Das, and B. Das. 2019. Influence of planting time and spacing for growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 8 (1): 1054-1056.

Myers J. M., and P. W. Simon. 1999. Regeneration of garlic callus as affected by clonal variation, plant growth regulators and culture conditions over time. Plant Cell Reports 19: 32-36.

Nagakubo, T., A. Nagasawa, and H. Ohkawa. 1993. Micropropagation of garlic through *in vitro* bulblet formation. Plant Cell. Tissue and Organ Culture 32: 175-183.

Nagakubo, T., M. Takaichi, and K. Oeda. 1997. Micropropagation of *Allium sativum* L. p. 3-

19. In Y.P.S Bajaj (ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry. 39th ed., Springer, Tokyo.

Naresh, B., S. K. Srivastava, and S. Agarwal. 2013. Traditional storage practices of spices and condiments in Odisha. Indian Journal of Traditional Knowledge 12(3): 518–523.

Nazaryuk, V. M., M. I. Klenova, and F. R. Kalimullina. 2002. Ecoagrochemical approaches to the problem of nitrate pollution in agroecosystems. The Russian Journal of Ecology 33: 392–397.

Noori, M., F. Bayate, and A. Esmaeili. 2012. Changes of vegetative growth indices and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in different sources and levels of

nitrogen fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4 (19): 1394-1400.

Novak, F. J. 1972. Tapetal development in the anthers of *Allium sativum* L. and *Allium Longicuspis.* Experientia 28:363-364.

Novak, F. J., and P. Havrknck. 1975. Attempts to overcome the sterility of common garlic

(Allium sativum L.). Biologia Plantarum (Praha) 17: 376-379.

Novak, F. J. 1990. *Allium* tissue culture. Pp. 233-250. In: Rabinowitch, H.D. and J. L. Brewster (eds).Onions and Allied Crops, Volume. I. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Oliveira, C. M., R. J. Souza, J. H. Mota, J. F. Yuri and G. M. Resende. 2003. Determination of the harvest date for garlic cultivars. Horticultura Brasileira 21 (3): 506-509.

Orlowski, M., E. Rekwska, and R. Dobrmilska. 1994. The effect on the yield of garlic of autumn and spring planting using different method of seed stalk triming. Folia Horticulture 6: 79-89.

Ourouadi, S., H. Moumene, N. Zaki, A. Boulli, A. Ouatmane, and A. Hasib. 2017. Garlic (*Allium Sativum* L.): A source of multiple nutraceutical and functional components (Review). Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences. Section B: Biological Sciences 7 (1): 9-21.

Parkash, D., B. N. Singh, and G. Upadhyay. 2007. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa* L.). Food Chemistry 102: 1389–1393.

Panchal, G., M. Modhwadia, J. Patel, S. Sadaria, and B. Patel. 1992. Response of garlic to irrigation, nitrogen and phosphorus. Indian Journal of Agronomy 37 (2): 397-398.

Pandey, U., and D. Singh. 1993. Response of garlic to different levels of irrigation and nitrogen. News Letter National Horticultural Research and Development Function 13 (3-4): 10-12.

Pandey, U., and V. Khanpara. 1995. Micro irrigation for a changing world proceeding of the fifth International micro irrigation congress, 2-6 April.

Park M. Y., N. R. Yi, H. Y. Lee, S. T. Kim, M. Kim, J. H. Park, J. K. Kim, J. S. Lee, J. J. Cheong, and Y. D. Choi. 2002. Generation of chlorsulfuron-resistant transgenic garlic plants (*Allium sativum* L.) by particle bombardment. Molecular Breeding 9: 171-181.

Patrick, J., and M. Tranela. 2003. Variation in soybean (*Glycine max* (L.) merr.) interference among common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) accessions. Crop Protection. 22: 375 – 380.

Pellegrini, C. N., C. A. Croci and G. A. Orioli .2000. Morphological changes induced by different doses of gamma irradiation in garlic sprouts. Radiation Physics and Chemistry 57(3–6): 8–11.

Perez, M. B., M. I Aveldaño and C. A. Croci. 2007. Growth inhibition by gamma rays affects lipids and fatty acids in garlic sprouts during storage. Postharvest Biology and Technology 44(2): 122–130.

Petropoulos, S. A., G. Ntatsi, and I. C. F. R. Ferreira. 2017. Long-term storage of onion and the factors that affect its quality: A critical review. Food Reviews International 33(1): 62–83.

Phene, C. J., K. R. Davis, R. B. Hutmacher, and R. L. McCormick. 1987. Advantages of subsurface drip irrigation for processing tomatoes. Acta Horticulturae 200: 101-113.

Pooler, M. R., and P. W. Simon. 1993. Characterization and classification of isozyme and morphological variation in a diverse collection of garlic clones. Euphytica 68: 121-130**.**

Pooler, M. R., and P. W. Simon. 1994. True seed production in garlic. Sexual Plant Reproduction 7: 282–286.

Portela, J. A. 2001. Genetic and environmental effects influencing branching in garlic (*Allium sativum* L.). Acta Horticulturae 555: 175-178.

Popova, L. D. 1975. Utilization of garlic aerial bulbils as planting material. (in Russian). Nauchnye Trudy NII. Ovoshnogo Khozyastvava 3: 98.

Qasem, J. 1996. Chemical weed control in garlic (*Allium sativum* L.) in Jordan. Crop Protection 15: 1-26.

Qu-Ying, H., H. Takagi, N. Ogasawara, and T. Etoh. 1994. Development of types of inflorescences of garlic and some *Allium* species (in Japanese). Journal of Japanease Society for Horticultural Science 63: 121–130.

Rabinowitch, H. D. 1990. Garlic agronomy. pp. 147-157. In:Brewster, J. L., and Rabinowitch, H. D. (eds.). Onions and Allid Crops. Volume III. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Rabinowitch, H. D. 1999. Types of garlic, planting, fertilizers, weeds, diseases for production. Plant Cell Report 18: 11-19.

Rahim, M. A.and R. Frodham. 1990. Effect of shade and environmental conditions on the initiation and development of garlic clove. Scientia Horticulture 45: 21-30.

Rai, N., and D. S. Yadav. 2005. Advances in vegetable Production, ICAR Research complex for NEH Region Meghalaya Research book center India.

Randle, W. M., and J. E. Lancaster. 2002. Sulphur compounds in Alliums in relation to flavour quality.p p. 329–356. In: Rabinowitch, H. D., L. and Currah, (eds) Allium Crop Science: Recent Advances. CAB International, Wallingford, UK.

Regel, E. 1875. Alliorum adhuc cognitorum monographia. Acta Horticulturae Petropolitani 3: 1-266.

Robledo Pas, A., V. M. Villalobos Arambula, and A. E. Jofre Garfias. 2000. Efficient plant regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) by root-tip culture. In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant 36: 416-419.

Rosen, C. J., R. Becker, V. Fritz, B. Hutchison, J. Percich, C. Tong, and J. Wright. 1999. Growing garlic in Minnesota. Univ. Minnesota Ext. Service www.extension.umn. Edu/ distribution/cropsystems/DC7317.html.

Rosen, C. J., and C. B. S. Tong. 2001. Yield, dry matter partitioning, and storage quality of

hardneck garlic as affected by soil amendments and scape removal. HortScience 36: 1235-1239.

Rotem, N., E. Shemesh, Y. Peretz, F. Akad, O. Edelbaum, H. D. Rabinowitch, I. Sela, and R. Kamenetsky. 2007. Reproductive development and phenotypic

differencesin garlic are associated with expression and splicing of *leafy* homologue *gaLFY*. Journal of Experimental Botany 58: 1133-1141.

Rubatzky, V. E.m and M. Yamaguchi. 1997. World Vegetables, Principles, Production and Nutritive values. Secon d edition. Chapman and Hall. New York

Ruiz, J. M., and L. Romero. 2002. Relationship between potassium fertilization and nitrate assimilation in leaves and fruits of cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants, Annals of Applied Biology 140: 241–245.

Salomon, R. 2002. Virus diseases in garlic and the propagation of virus-free plants. pp. 311–327. In: Rabinowitch, H. D. and L. Currah (eds.), Allium crop science: Recent advances. CAB International, Wallingford, UK.

Sankar, V., K. E. Lawande, and P. C. Tripathi. 2008. Effect of micro irrigation practices on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) var. G. 41. Journal of Spices and Aromatic Crops 17 (3): 230–234.

Sawahel, W. A. 2002. Stable genetic transformation of garlic plants using particle bombardment. Cellular and Molecular Biology Letters 7: 49-59.

Schwankl, L. J., and B. R. Hanson. 2007. Surface drip irrigation. pp. 431-472. In Lamm F.R. J.E. Ayars and F. S. Nakayama (eds.), Microirrigation for Crop Production. Volume . 13. The Netherlands: Elsevier.

Schwartz, H. F., and M. Krishna. 2008. Compendium of onion and garlic diseases and pests (2nd ed.). St. Paul: APS Press.

Schwartzkopf, C. 1972. Potassium, calcium, magnesium-how they relate to plant growth. USGA Green Section, pp: 1-2.

Sekara, A., R. Pokluda, L. Del Vacchio, Somma and S. G. Caruso. 2017. Interactions among genotype, environment and agronomic practices on production and quality of storage onion (*Allium cepa* L.). Review. Horticultural Science 44(1): 21–42.

Sembdner, G., and B. Parthier. 1993. The biochemistry and the physiological and molecularactions of jasmonates. Annual Review of Plant Physiol and Plant Molecular and Biology: 44:569-589.

Seno, S. 1997. Effects of irrigation frequency and nitrogen rates on garlic. Cultura Agronomia 37(2): 397-398.

Shahlaei, A., N. Alemzadeh Ansari, and F. Sedighie Dehkordie. 2007. Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. Asian Journal of Plant Sciences 6 (8): 1197-1203.

Sharmasarker, F. C. 2001. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiency for sugar beets. Agricultural Water Management 46:241-251.

Shemesh, E., O. Scholten, H. D. Rabinowitch, and R. Kamenetsky. 2008. Unlocking variability:inherent variation and developmental traits of garlic plants originated from sexual reproduction. Planta 227 (5): 1013–1024.

Shemesh-Mayer, E., T. Ben-Michae, N. Rotem, H. Rabinowitch, A. Doron-Faigenboim, and A. Kosmala. 2015. Garlic (*Allium sativum* L.) fertility: transcriptome and proteome analyses provide insight into flower and pollen development. Frontiers in Plant Science 6:271-280.

Shemesh-Mayer, E. and R. Kamenetsky. 2019. Recent advances in sexual propagation and breeding of garlic. Horticultural Reviews 46: 1-38.

Shimi, P. and A. Faghih. 2004. Investigating the efficacy of flaming compared to common methods of weed control in seeded onion fields. Applied Entomology and Phytopathology 71: 77-86.

Simon, P. W. 2003. Realizing value from Central Asian *Allium* germplasm collections. HortScience 38: 689.

Simon, P., and M. M. Jendereck. 2004. Flowering, seed production and the genesis of garlic breeding. pp. 211-244. In: Janick, J. (ed.), Plant Breeding Reviews. Volum 23, John Wiley & Sons, Inc.

Shock, C. C., E. B. G. Feibert, and L. D. Saunders. 2000. Irrigation criteria for drip irrigated onions. HortScience 35: 63–66.

Shock, C. C., E. B. G. Feibert, and L. D. Saunders. 2004. Plant population and nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated onion. HortScience 39: 1722–1727.

Siqueira, W. J., H. P. Medina Filho, R. Salles Lisbão, and J. B. Fornasier. 1985. Caracterização isoenzimática e morfológica de clones e introduções de alho. Bragantia 44: 357-374.

Stefanic, E., D. Maletic, D. Zima, and I. Stefanic. 2020. Economic evaluation of different strategy for weed management in garlic production. Zbornik Veleučilišta u Rijeci 8 (1): 445-454.

Stewart, C. and R. Hadad,. 2018. Cultural controls for Fusarium management. Cornell Cooperative Extention.

Suh, S., and H. G. Park. 1988. Somatic embryogenesis and plant regeneration from flower organ culture of garlic (*Allium sativum* L.). Korean Journal of Plant Tissue Culture 15: 121-132.

Suh. S. K., and H. Park. 1995. Plant regeneration from the culture of garlic root explants. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 36: 31-37.

Sullivan, D.M., B.D. Brown, C.C. Shock, D.A. Horneck, R.G. Stevens, G.Q. Pelter, and E.B.G. Feibert. 2001. Nutrient management for onions in the Pacific Northwest. Pacific N.W. Ext. Publ. 546.

Takagi, H. 1990. Garlic Allium sativum L. pp. 109-146. In: Rabinowitch, H. D. and J. L. Brewster (eds.), Onions and allied crops, Volume. III. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Taner, Y., B. Kunter G., Besirli, and R. Yanmaz. 2004. Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). Bahce 33: 95-99.

Terry, N., A. M. Zayed and M. P. De Souza, and A. S. Tarun. 2000. Selenium in higher plants. Annuals Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 401-32.

Thangasamy, A. and K. M. Chavan. 2017. Assessment of dry matter accumulation and nutrient uptake pattern of garlic crop. Indian Journal of Horticulture 74 (1): 80-84.

Thomas, P. 1999. Control of post-harvest loss of grain, fruits and vegetables by radiation processing. International Conference on Ensuring the Safety and Quality of Food through Radiation Processing.

Tripathi, P. C. and K. E. Lawande .2006. Cold storage of onion and garlic. Technical Bulletin No. 15.

Tripathi, P. C., V. Sankar, and K. E. Lawande. 2009. Effect of storage environment and packing methods on storage losses in garlic. Indian Journal of Horticulture 66(4):511–515.

Tsuneyoshi, T., J. Yoshida and T. Sasaoka. 2006.. Hydroponic Cultivation Offers a Practical Means of Producing Selenium-Enriched Garlic1–3. American Society for Nutrition 136(3); 870-872.

Tunku, P. 1997. Effect of weed interference and chemical weed control on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Ahmadu Bello university, Zaria.

Tunku, P., S. T. O. Lagoke, and D. B. Ishaya. 2007. Evaluation of herbicides for weed control in irrigated garlic (*Allium sativum* L.) at Samaru, Nigeria. Crop Protection 26: 642-646.

Ucaman, R., J. Zel, and M. Ravnikar. 1998. Thermotherapy in virus elimination from garlic: influences on shoot multiplication from meristems and bulb formation *in vitro*. Scientia Horticulturae 73: 193-202.

Van Dijk, P. 1994. Virus diseases of *Allium* species and prospects for their control. Acta Horticulture 358: 299–306.

Vavilov, N. I. 1926. Studies on the origin of cultivated plants. (in Russian). Trudy Byuro Prikladnoy Botaniki, 16.

Vazquez-Barrios, M. E., G. López-Echevarría, E. Mercado-Silv, E. CastañoTostado, and F. León-González. 2006. Study and prediction of quality changes in garlic cv. Perla (*Allium sativum* L.) stored at different temperatures. Scientia Horticulturae: 108(2): 127–132.

Verbeek, M., P. Van Dijk, and P. M. A. Van Well. 1995. Efficiency of eradication of four viruses from garlic (*Allium sativum* L.) by meristem-tip culture. The European Journal of Plant Pathology 101: 231–239.

Verissimo, T., I. Almeida, H. Cidade, M. Pinto, S.Azevedo, B. Oliveira, and L.M. Cunha, 2010. Evaluation of antioxidant activity of minimally processed garlic cloves. XXVIII International Horticultural Congress— IHC2010, 77–178

Vettermann, W. 1973. Mechanism of the light-dependent accumulation of starch in chloroplasts of Acetabularia, and its regulation. Protoplasma 76: 261–278.

Vidya, G. 2015. Effect of planting time and planting density on yield and yield contributing characters in garlic (*Allium sativum* L.) Cv. Jamnagar. Plant Archives 15 (2) : 947-952.

Volk, G. M., K. Rotindo and W. Lyons. 2004. Low-temperature storage of garlic for spring planting. HortScience 39: 571-573.

Walkey, D., M. Webb, C. Bolland, and A. Miller. 1987. Production of virus-free garlic (*Allium sativum* L.) and shallot (*A. ascalonicum* L.) by meristem tip culture. Journal of Horticultural Science 60: 627-634.

Wang H. L., Y. Q. Kang, and C. J. Zhang. 1994. Embryogenesis via culture of garlic sprout leaf. Acta Agriculturae Boreali Sinica 9: 92-94.

Wang, H. 1996. Genetic engineering male sterility in leek (*Allium porrum* L.). PhD Thesis, University of Gent, Belgium, 105 pp

Waterer, D. D. R. 2001. Garlic production on prairies. University of Saskatchewan. HortSciense 32: 1102-1104.

Whanger, P. D. 2004. Selenium and its relationship to cancer: an update. British Journal of Nutrition 91(1): 11-38.

Wu, C. N., M. Y. Wang, Y. X. Dong. Z. H. Cheng, and H. W. Meng 2015. Growth, bolting and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in response to clove chilling treatment. Scientia Horticulturae 194: 43–52.

Xihong, L., L. Li, B. Zhaojun, W. Xiuli, and Z. Li. 2010. Improved keeping quality of fresh-cut garlic sprouts by modified atmosphere packaging. XXVIII. International Horticultural Congress - IHC2010, 77-178.

Xinhua, W., D. Wufeng. 1997. Famous garlics native to China: its problems and strategies. Acta Horticulturae 433: 133-135.

Xue, H. M., H. Araki, L. Shi, and T. Yakuwa. 1991. Somatic embryogenesis and plant regeneration in basal plate and receptacle derived-callus cultures of garlic (*Alliumsativum* L.). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 60: 627-634.

Ye, Y., X. Liang, Y. Chen, L. Li,Y Ji and C. Zhu. 2014. Carbon, nitrogen and phosphorus accumulation and partitioning, and C:N:P stoichiometry in late season

rice under different water and nitrogen managements. PLoS ONE, **9**: e101776.doi:10.1371/journal.pone.0101776.

Yuncai, H. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 541-549.

Zaman, M. S., M. A. Hashem, M. Jahiruddin, and M. A. Rahim. 2011. Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old Brahmapurta flood plain soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research 36 (2): 357-367.

Zizina, S. I. 1956. Study of wild *Alliums* from Kazakhstan under cultivation (in Russian). PhD. Thesis, Almaty, Kazakhstan.

Zheng, S. J. 2004. Gene transfer in *Allium*: recent developments and future prospects Abstract . 4th International. ISHS Symposium. Edible *Alliacea*, Beijing, China.

Zheng, H. R., M. J. Shen, W. J. Zhong, Z. Q. Zhang, and Y. Zhou. 1998. Induction and utilization of globular bodies on calli from garlic (*Allium sativum* L.) leaf explants. Study of cellular histology in morphogenesis. Acta Agriculturae Shanghai 14: 33-38.

Zheng, S. J., L. Khrustaleva, B. Henken, E. Sofiari, E. Jacobsen, C. Kik, and F. A. Krens. 2001a. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Allium cepa* L. the production of transgenic onions and shallots. Molecular Breeding 7: 101-115.

Zheng S. J., B. Henken, E. Sofiari, E. Jacobsen, F. A. Krens, and C. Kik. 2001b. Molecular characterization of transgenic shallots by adaptor ligation PCR (AL-PCR) and sequencing of genomic DNA flanking T-DNA borders. Transgenic Research 10: 237-245.

Zheng S. J., B. Henken, F. A. Krens, and C. Kik. 2003. The development of an efficient cultivar independent plant regeneration system from callus derived from both apical and non-apical root segments of garlic (*Allium sativum* L.). In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant 39: 288-292.

Zheng S. J., B. Henken, R. A. de Maagd, A. Purwito, F. A. Krens, and C. Kik. 2005. Two different *Bacillus thuringiensis* toxin genes confer resistance to beet

armyworm (*Spodoptera exigua* Hübner) in transgenic *Bt*-shallots . Transgenic Research 14: 261-272.

Zheng, S. J., R. Kamenetsky, L. Féréol, X. Barandiaran, H. D. Rabinowitch, V. Chovelon, and C. Kik. 2007. Garlic Breeding System Innovations Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology 1(1): 6-15.

Zhou Z. Y., M. J. Wang, and J. S. Wang. 2000. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. Food Reviews International 16: 61–76.

Zitter, T. A., D. L. Hopkins, and C. E. Thomas. 1996. Compendium of Cucurbit Diseases.PAPS Press. St. Paul.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Horticultural Sciences Research Institute

Physiology, Breeding and Production of garlic

By:

A. Darabi, M. Khodadadi, M. R. Rafie, A. Dehghani,
L Behbahani and H. Sabet Zangeneg

2023