



دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی باغبانی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

در رشته علوم باغبانی گرایش میوه­کاری

**بررسی تاثیر برخی ترکیبات شیمیایی با بنیان تیوسولفات بر خواص پومولوژیکی وعملکرد گردو رقم چندلر**

تحقیق و نگارش:

**صغری حیدری**

استادان راهنما:

**دکتر ولی ربیعی**

**دکتر اصغر سلیمانی**

استاد مشاور:

**دکتر فهیمه نصر**

شهریور 1403

**تعهدنامه اصالت اثر**

اينجانب **صغری حیدری** متعهد می‌شوم كه مطالب مندرج در اين پايان نامه با **عنوان" بررسی تاثیر برخی ترکیبات شیمیایی با بنیان تیوسولفات بر خواص پومولوژیکی وعملکرد گردو رقم چندلر "** حاصل كار پژوهشي اينجانب است و به دستاوردهاي پژوهشي ديگران كه در اين پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذكر گرديده است. اين پايان‌نامه قبلاً براي احراز هيچ مدرك هم سطح يا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرك تحصيلي صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد. كليه حقوق مادي و معنوي اين اثر متعلق به دانشگاه زنجان مي باشد.

نام و نام خانوادگي دانشجو : صغری حیدری

 امضا

**تقدیم به**

**پدر و مادر بزرگوارم**

به رسم بوسه ای بر دستانشان

و به پاس عاطفه سر شار و گرمای امید بخش وجودشان

تشکر و سپاس بی پایان مخصوص خدایی است که بشر را آفریده و به او قدرت اندیشیدن داده و توانایی های بالقوه را در وجود انسان قرار داده و او را به تلاش و کوشش نموده و راهنمایانی را برای هدایت بشر فرستاده است**.**

پس از ارادت خاضعانه به در گاه خداوند بی همتا از اساتید ارجمند آقایان دکتر ولی ربیعی و دکتر اصغر سلیمانی سعه صدر و رهنمود های دلسوزانه شان که در این پروژه مرا مورد لطف خود قرار دادند و راهنمایی های لازم را نموند کمال تشکر قدر دانی را دارم.

از استاد مشاور خانم دکتر فهیمه نصر که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند سپاس گزاری می نمایم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر فرهنگ رضوی و جناب آقای دکتر علی سلیمانی که زحمت باز خوانی و داوری این رساله را متقبل شدند بسیار ممنون و سپاس گزارم.

از شرکت کشت وصنعت خرمدره که شرایط اجرای پروژه را فراهم کرده و هزینه های بخش عملیاتی و تیمارهای پروژه را متقبل شدند تشکر می کنم.

در پایان از خانواده ام که در سراسر دوران زندگی همراه و پشتیبان من بوده اند بی نهایت سپاس گزارم.

پیش از من و تو بسیار بودند و نقش بستند دیوار زندگی را زین گونه یاد گاران

وین نغمه محبت بعد از من و تو ماند تا در زمانه باقیست آواز باد و باران

از دوستان و خانواده عزیزم که همراه همیشگی من بوده‌اند و در طول دوران تحصیل و انجام تحقیق مرا همواره همراهی نمودند تقدیر و تشکر می‌کنم و امیدوارم همیشه سالم وسلامت باشند.

**چکیده**

گردو (*Juglans regia* L.) یک محصول مهم تجاری است و در بسیاری از کشورها رشد می کند. گردو ارزش اقتصادی و دارویی قابل توجهی برای سلامت انسان دارد و به مقدار زیاد توسط مردم مصرف می شود، بنابراین جایگاه بسیار مهمی در عادات غذایی عمومی دارد ولی بهره­وری این محصول به دلیل مدیریت ضعیف مواد مغذی تحت تأثیر قرار می­گیرد و افزودن مواد غذایی مناسب به خاک بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد گردو داشته است. لذا به منظور بررسی تأثیر تیوسولفات کلسیم و تیوسولفات پتاسیم بر افزایش عملکرد و کیفیت میوه گردو تحقیقی به صورت طرح بلوک‌های كامل تصادفی در باغ تحقیقاتی 6 ساله رقم چندلر کشت بافتی (خود ریشه زا) در کشت و صنعت خرمدره اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیوسولفات کلسیم (100 لیتر در هکتار)، تیوسولفات پتاسیم (100 لیتر در هکتار)، تیمار تیوسولفات کلسیم در تلفیق با تیوسولفات پتاسیم و شاهد ( نیترات پتاسیم کلسیم 50 کیلوگرم در هکتار+ سولفات پتاسیم 50 کیلوگرم در هکتار+ سولوپتاس 150 کیلوگرم درهکتار و کود پتاس بالا 5/7 لیتر در هکتار) بود. نتايج نشان داد كه همه تیمارها در حفظ کیفیت و افزایش عملکرد گردو رقم چندلر مؤثر بودند. تیمار تیوسولفات کلسیم در تلفیق با تیوسولفات پتاسیم به طور مؤثری باعث افزايش فنول کل (49/3 درصد) و فلاونوئید کل (81/2 درصد)، آنتی اکسیدان کل (51/6 درصد)، ماده خشک میوه (95/5 درصد)، فیبر خام (2/50 درصد)، پروتئین خام (48/17 درصد)، چربی خام (96/3 درصد)، وزن تر (1/24 درصد) و خشک میوه (3/33 درصد) و طول میوه (8/9 درصد) میوه گردو رقم چندلر نسبت به شاهد شد. كمترين میزان آهن (1/61 میلی­گرم در کیلو­گرم )، اولئیک اسید (3/11 درصد) و لینولئیک اسید (2/51 درصد) در شاهد مشاهده گرديد. نتایج کلی نشان داد استفاده از تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و تیوسولفات کلسیم برای افزایش عملکرد و کیفیت میوه گردو رقم چندلر قابل توصیه می­باشد.

**کلمات کلیدی:** گردو، صفات کیفی، ، میوه، رنگ مغز، تغذیه

**فهرست مطالب**

**عناوین صفحه**

**فصل اول**

|  |  |
| --- | --- |
| **1** | **مقدمه و کلیات ..............................................................................................................................** |
| 1 | 1-1- مقدمه .............................................................................................................................................. |
| 2 | 2-1- گیاهشناسی ..................................................................................................................................... |
| 3 | 3-1- آب و هوا ........................................................................................................................................ |
| 4 | 4-1- مورفولوژی گیاه در گردوی ایرانی .................................................................................................. |
| 4 | 1-4-1- اندازه و شکل ظاهری درخت .................................................................................................... |
| 4 | 2-4-1- برگ ........................................................................................................................................... |
| 4 | 3-4-1- شاخه ......................................................................................................................................... |
| 5 | 4-4-1- ریشه .......................................................................................................................................... |
| 6 | 5-4-1- گل ............................................................................................................................................. |
| 8 | 6-4-1- میوه ............................................................................................................................................ |
| 8 | 5-1- بیولوژی گردو ................................................................................................................................. |
| 8 | 1-5-1- رشد رویشی ............................................................................................................................... |
| 9 | 2-5-1- گلدهی ....................................................................................................................................... |
| 9 | 3-5-1- ناهمرسی در گردو ..................................................................................................................... |
| 10 | 4-5-1- زمان گل انگبزی و باز شدن گل ................................................................................................ |
| 11 | 5-5-1- گرده افشانی ............................................................................................................................... |
| 12 | 6-5-1- گرده افشانی و پدیده ریزش گل ماده ........................................................................................ |
| 12 | 7-5-1- میوه دهی ................................................................................................................................... |
| 13 | 8-5-1- سال آوری .................................................................................................................................. |
| 13 | 9-5-1- شاخص رسیدن میوه .................................................................................................................. |
| 14 | 6-1- اهداف پژوهش ............................................................................................................................... |

**فصل دوم**

|  |  |
| --- | --- |
| **بررسی منابع علمی ..........................................................................................................................** | **15** |
| 1-2-کلیات و بررسی منابع علمی ............................................................................................................ | 15 |
| 1-1-2- ارقام ........................................................................................................................................... | 15 |
| 2-1-2- چندلر ......................................................................................................................................... | 16 |
| 2-2- شرایط نگهداری گردو چندلر ......................................................................................................... | 17 |
| 1-2-2- نور ............................................................................................................................................. | 17 |
| 2-2-2- خاک .......................................................................................................................................... | 17 |
| 3-2-2- آبیاری ........................................................................................................................................ | 17 |
| 4-2-2- تغذیه .......................................................................................................................................... | 18 |
| 3-2- کلسیم ............................................................................................................................................. | 18 |
| 1-3-2- معرفی کلسیم و نقش آن در انسان ............................................................................................. | 18 |
| 2-3-2- نقش کلسیم در کیفیت گیاهان ................................................................................................... | 18 |
| 4-2- پتاسیم ............................................................................................................................................. | 21 |
| 1-4-2- معرفی پتاسیم و نقش آن در انسان ............................................................................................. | 21 |
| 2-4-2- نقش پتاسیم در کیفیت گیاهان ................................................................................................... | 22 |
| 5-2- گوگرد ............................................................................................................................................. | 23 |
| 1-5-2- معرفی گوگرد و نقش آن در انسان ............................................................................................ | 24 |
| 2-5-2- علل کمبود گوگرد در گیاهان ..................................................................................................... | 24 |
| 3-5-2- اثرات کمبود گوگرد ................................................................................................................... | 25 |
| 4-5-2- مزایای کود­های گوگردی در کشاورزی ..................................................................................... | 25 |
| 5-5-2- نقش گوگرد در کیفیت گیاهان ................................................................................................... | 25 |

**فصل سوم**

|  |  |
| --- | --- |
| 27 | **مواد و روش­ها .............................................................................................................................** |
| 28 | 1-3- مکان و طرح آزمایش .................................................................................................................... |
| 29 | 2-3- روش اجرای پژوهش ................................................................................................................... |
| 30 | 3-3- مراحل محلول پاشی ....................................................................................................................... |
| 31 | 4-3- صفات مورد بررسی ....................................................................................................................... |
| 32 | 5-3- روش اندازه­گیری صفات کمی مورد بررسی .................................................................................. |
| 32 | 1-5-3- وزن تر ...................................................................................................................................... |
| 32 | 2-5-3- وزن خشک ............................................................................................................................... |
| 32 | 3-5-3- نسبت وزنی مغز به میوه ............................................................................................................ |
| 33 | 4-5-3- طول ، عرض و ضخامت میوه و پوسته ..................................................................................... |
| 33 | 5-5-3- شاخص شکل میوه .................................................................................................................... |
| 33 | 6-3- بررسی خصوصیات بیوشیمیایی ..................................................................................................... |
| 33 | 1-6-3- ماده خشک (DM) ................................................................................................................... |
| 34 | 2-6-3- خاکستر(Ash) ........................................................................................................................ |
| 34 | 3-6-3- اندازه­گیری چربی خام به روش سوکسوله (EE) ..................................................................... |
| 34 | 4-6-3- اندازه­گیری فیبر یا الیاف خام (CF) .......................................................................................... |
| 35 | 5-6-3- اندازه­گیری پروتئین خام به روش استاندارد کجدال (CP) ....................................................... |
| 35 | 6-6-3- فنول کل میوه ............................................................................................................................ |
| 36 | 7-6-3- فلاونوئید کل میوه ..................................................................................................................... |
| 37 | 8-6-3- ظرفیت آنتی­اکسیدانی میوه ....................................................................................................... |
| 37 | 7-3- عناصر غذایی ................................................................................................................................. |
| 39 | 1-7-3- نیتروژن ...................................................................................................................................... |
| 40 | 2-7-3- فسفر ......................................................................................................................................... |
| 41 | 3-7-3- پتاسیم ........................................................................................................................................ |
| 41 | 4-7-3- کلسیم ........................................................................................................................................ |
| 42 | 5-7-3- آهن ........................................................................................................................................... |
| 43 | 8-3- مراحل اندازه­گیری اسید چرب ....................................................................................................... |
| 44 | 9-3- طرح آزمایشی مورد استفاده ........................................................................................................... |

**فصل چهارم**

|  |  |
| --- | --- |
| **نتایج و بحث­ها .............................................................................................................................** | **49** |
| 1-4- **تیمارها بر روی غلظت عناصر برگ و میوه**.................................................................................. | 49 |
| 1-1-4- عناصرغذایی مختلف موجود در برگ ....................................................................................... | 49 |
| 2-1-4- عناصر مختلف موجود در میوه گردو(نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم و آهن) .......................... | 51 |
| 2-4- تاثیر تیمار بر روی خصوصیات میوه .............................................................................................. | 54 |
| 1-2-4- طول ، عرض شکمی و جانبی میوه گردو ................................................................................. | 54 |
| 2-2-4- قطر تنه، ضخامت پوست سبز و ضخامت پوست چوبی .......................................................... | 57 |
| 3-4- تاثیر تیمار برروی عملکردو کارایی عملکرد ................................................................................. | 58 |
| 1-3-4- وزن تر و خشک مغز گردو ....................................................................................................... | 58 |
| 2-3-4- وزن تر و خشک با پوست و بدون پوست سبز ........................................................................ | 61 |
| 4-4- تاثیر تیمار بر روی خصوصیات شیمیایی میوه ................................................................................ | 63 |
| 1-4-4- فنول و فلاونوئید کل ...................................................................................................................... | 64 |
| 2-4-4- آنتی­اکسیدان کل ........................................................................................................................ | 65 |
| 3-4-4- چربی خام ................................................................................................................................. | 68 |
| 4-4-4- فیبر خام و خاکستر ................................................................................................................... | 70 |
| 5-4-4- پروتئین کل ............................................................................................................................... | 71 |
| 6-4-4- ماده خشک ............................................................................................................................... | 73 |
| 7-4-4-- اسید­های چرب در میوه گردو( اسید پالمیتیک، اولئک، لینولئیک، پالمتیک و استئاریک)......................................................................................................................................................... | 75 |
| 5-4- نتیجه­گیری ........................................................................................................................................... | 79 |
| 6-4- پیشنهاد­ها .............................................................................................................................................. | 79 |

**فهرست شکل­ها**

**عناوین صفحه**

|  |  |
| --- | --- |
| شکل 1-1- بافت­های مختلف درختان گردو ................................................................................................ | 6 |
| شکل1-2- مقطع طولی و اجزای مختلف گل ماده در گردو ......................................................................... | 7 |
| شکل 1-3- بهترین زمان پذیرش دانه گرده توسط مادگی در گل ماده گردو ................................................ | 11 |
| شکل شکل 3-1- نمای کلی درختان گردو کشت و صنعت خرمدره ........................................................... | 28 |
| شکل 3-2- سیستم آبیاری کشت و صنعت خرمدره ..................................................................................... | 29 |
| شکل 3-3- جدول آزمایش خاک ................................................................................................................. | 30 |
| شکل 3-4- مقطع طولی و عزضی شکمی و جانبی گردو ............................................................................. | 35 |
| شکل 3-5- معادله خطی جذب غلظت­های مختلف محلول استاندارد گالیک اسید ...................................... | 38 |
| شکل 3-6- معادله خطی جذب غلظت­های مختلف محلول استاندارد کوئرسیتین ........................................ | 39 |
| شکل 4-1- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر آهن میوه گردو رقم چندلر ............................................................................................................................. | 53 |
| شکل 4-2- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر طول، عرض شکمی و جانبی میوه گردو رقم چندلر ...................................................................................... | 55 |
| شکل 4-3- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر وزن تر میوه گردو رقم چندلر ......................................................................................................................... | 59 |
| شکل 4-4- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر وزن خشک مغز گردو رقم چندلر .................................................................................................................. | 59 |
| شکل 4-5- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم در مقایسه با شاهد بر وزن تر و خشک بدون پوست سبز میوه گردو رقم چندلر ................................................ | 62 |
| شکل 4-6- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر فنل و فلاونوئید کل میوه گردو رقم چندلر ..................................................................................................... | 65 |
| شکل 4-7- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر آنتی اکسیدان کل میوه گردو رقم چندلر ......................................................................................................... | 66 |
| شکل 4-8- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر چربی خام میوه گردو رقم چندلر ................................................................................................................... | 69 |
| شکل 4-9- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر فیبر خام میوه گردو رقم چندلر ..................................................................................................................... | 70 |
| شکل 4-10- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر پروتئین خام میوه گردو رقم چندلر ................................................................................................................. | 72 |
| شکل 4-11- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر ماده خشک میوه گردو رقم چندلر................................................................................................................... | 74 |
| شکل 4-12- اثر تیمار تیو سولفات کلسیم، تیو سولفات پتاسیم و ترکیب تیو سولفات کلسیم و پتاسیم بر اولئیک و لینولئیک اسید میوه گردو ................................................................................................................. | 76 |

**فهرست جداول**

**عناوین صفحه**

|  |  |
| --- | --- |
| 50 | جدول 4-1-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر برگ گردو رقم چندلر .............................................................................. |
| 51 | جدول 4-2-نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر برگ گردو رقم چندلر .............................................................................. |
| 52 | جدول 4-3-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر میوه گردو رقم چندلر................................................................................ |
| 57 | جدول 4-4-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی میوه و درخت گردو رقم چندلر ................................ |
| 60 | جدول 4-5-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی میوه گردو رقم چندلر ................................................ |
| 64 | جدول 4-6- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی گردو رقم چندلر......................................................... |
| 77 | جدول 4-7- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی گردو رقم چندلر......................................................... |

**فصل اول**

**مقدمه و کلیات**

**1-1-مقدمه**

گردو یکی از خشک میوه­های مهم است که از دیر باز در ایران کشت و کار می­شد در بین محصولات باغبانی خشکبار­ها به دلیل مقادیر زیادی پروتئین، عناصر غذایی، ویتامین‌ها و ترکیباتی مانند فسفولیپد­ها[[1]](#footnote-1)، استرهای استرول[[2]](#footnote-2)،توکوفرول­ها[[3]](#footnote-3) ، فیتواسترول­ها[[4]](#footnote-4)، ترپنوئید­ها[[5]](#footnote-5)، فنل­‌ها[[6]](#footnote-6)، فلاو نوئید­ها [[7]](#footnote-7)، اسید فولیک[[8]](#footnote-8) و انواع آنتی­اکسیدان­‌ها [[9]](#footnote-9) دارای ارزش غذایی بالایی هستند. یافته­‌های اخیر که توسط سازمان غذا و داروی آمریکا بر روی میوه های آجیلی و خشکباری صورت گرفته تاثیر آنها بر سلامت قلب را به اثبات رسیده است. ارزش غذایی گردو بالا و غنی از کالری (631 کالری) بوده مطالعات پزشکی به­وضوح گواه از این است که استفاده از گردو در وعده­های روزانه و جایگزین کردن مصرف گردو به جای چربی­ها در رژیم غذایی، سبب کاهش کلسترول کل، به‌ویژه LDL یا کلسترول وخیم می­گردد (Germain *et al.,* 1999). گردو حاوی مقادیر قابل توجهی از ویتامین­های گروه B می­باشد و در مقایسه با سایر خشک میوه­ها (از قبیل بادام، شاه بلوط، فندق و پکان)، بیشترین میزان ویتامین B6 را دارا است. در مجموع مغز گردو حاوی 70-60 درصد روغن، 18-16 درصد پروتئین، 7 درصد فیبر قابل هضم، 14 درصد قند و یک منبع مهم برای کلسیم، فسفر و امگا-3 می­باشد  
 (Le Noyer, 2007). با افزایش شناخت ارزش غذایی این محصول توسط جوامع بشری و افزایش تقاضای مصرف و بهبود تجارت گردو در جهان، سطح زیر کشت و تولید آن در کشورهای مختلف به سرعت در حال افزایش می­باشد (Le Noyer, 2007). با توجه به آمارنامه سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، سطح باغات گردو در جهان در سال 2023 بیش از 2/1 میلیون هکتار بوده است که از این مقدار حدود 9/3 میلیون تن گردو برداشت می­شود. کشورهای چین با 279 هزار هکتار، ایران با 161 هزار هکتار، آمریکا با حدود 157 هزار هکتار و ترکیه با حدود 153 هزار هکتار به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت گردو در دنیا را دارند. همچنین بر همین اساس (آخرين آمار FAO در سال 2023 و آمارنامه کشاورزی، 1402 ) کشور چین با 1/1 میلیون تن به تنهایی بیش از 30 درصد تولید گردوی دنیا را به خود اختصاص داده است. کشور آمریکا با 657 هزار تن مقام دوم، ترکیه با 325 هزار تن در مقام سوم و ایران با 261 هزار تن مقام چهارم تولید گردو جهان قرار گرفته است. میانگین عملکرد جهانی باغات گردو در سال 2022 بالغ بر 3930 کیلوگرم در هکتار می­باشد. عملکرد گردو در واحد سطح در کشورهای پیشرو نظیر آمریکا و چین حدود چهار تن در هکتار نیز می­رسد. در حالی که در ایران بر اساس آخرین آمارنامه کشاورزی (1402) میزان تولید گردو در کشور حدود 1700 کیلوگرم در هکتار می باشد. مهم­ترین عوامل کاهش عملکرد و کیفیت محصول تولیدی باغات گردوی کشور ایران، بذری و سنتی بودن باغات و حساسیت به یخبندان­های دیررس بهاره می­باشد (Hassani *et al*., 2020). گرده افشانی گردو توسط باد صورت می‌گیرد و لذا همین امر سبب شده است تا تنوع زیادی بین درختان گردوی بذری مشاهده گردد (Ru *et al*., 2022) در حالی که در اغلب کشورهای دنیا محصول تولید حاصل ارقام جدید و اصلاح شده می­باشند که به یخبندان­های بهاره مقاوم بوده و دارای عملکرد بسیار بالاتری از درختان بذری هستند (Eskandari *et al*., 2006). افزایش کیفیت میوه، بازارپسندی و ارزش غذایی از جمله اهداف محققین دانشگاهی و مراکز پژوهشی در حوزه علوم کشاورزی و باغبانی است.

**1-2- گیاهشناسی**

گردو از خانواده Juglandaceae و جنس *Juglans pp.* بوده، گیاهی خزان­دار و یک پایه است و دارای گل­های تک­جنسی و گونه‌­های مختلفی دارد. مهم‌ترین گونه این جنس *J. regia* بوده که تعداد کروموزوم پایه آن x=n=16 بوده و گیاهی دیپلوئید (2n=32) می‌باشد (خدیوی، 1389) که اغلب در نیمکره شمالی و بین عرض­های جغرافیایی 30 تا 50 درجه پراکنده هستند. اعتقاد بر این است که منشاء گردو ايران بوده و حدود 150 سال قبل از میلاد مسیح به سمت شرق، ابتدا به هند و بعد از آن به چين انتقال يافته است و سپاه اسکندر در بازگشت خود آن را به اروپا برده است  
(Vahdati *et al*., 2009).

**1-3- آب و هوا**

درخت گردو در طول تابستان و زمستان نسبت به گرما و سرمای بیش از حد حساس است. در طول دوره خواب زمستانه، گردو می­تواند سرمای 20- درجه سانتی­گراد را بدون خسارت جدی تحمل کند ولی پس از شروع رشد، سرمای 2 – تا 3 - درجه سانتی­گراد موجب از بین رفتن برگ­ها، شاخه­ها وگل­ها شده و در نتیجه محصول کاهش می­یابد. به علاوه شاخ و برگ درختانی که تا اواخر پاییز به رشد خود ادامه می­دهند در معرض خسارت سرما قرار می­گیرند. مقاومت ارقام مختلف گرده نسبت به سرما متفاوت است (Cosmulescu *et al*., 2010). دمای بالا تراز 38 درجه سانتی­گراد موجب آفتاب سوختگی پوست سبز، سیاه شدن وچروکیدگی مغزگردو می­شود و گاهی نیز میوه­ها پوک می­شوند. در رطوبت نسبی کم و دمای بالاتر از 40 درجه سانتی­گراد، به گردو خسارت جدی وارد می­شود. دمای پایین تابستان نیز مناسب نیست زیرا موجب می­شود میوه­ها به اندازه کافی پر نشود. هوای خنک در طی فصل رشد، برداشت محصول را به تاخیر انداخته و در نتیحه باغداران متضرر می­شوند؛ بنابراین هوای خنک و فصل رشد کوتاه از عوامل محدود کننده پرورش گردو هستند (Christopoulos and Tsantili, 2011). گردو نیز مانند سایر میوه­های مناطق معتدله در زمستان به مقدار سرمای معینی نیاز دارد تا خواب آن برطرف شود که به این ترتیب در بهار رشد رویشی و گلدهی کافی خواهد داشت. در صورت عدم وجود سرمای کافی، باز شدن جوانه­ها و گلدهی نامنظم شده و به تاخیر می­افتد و این موجب کاهش محصول و خشک شدن سر­شاخه­ها می­شود (Han *et al*., 2019).

**1-4- مورفولوژی گیاه در گردوی ایرانی**

**1-4-1- اندازه و شکل ظاهری درخت**

درختان گردو خزاندار و پهن برگ است با تنه صاف، خاکستری رنگ و پوست فلس، فلس شیار­دار می­باشد  
(Bernard *et al.*, 2018). که بسته به رقم، ارتفاع آن در شرایط جنگلی به 25-20 متر و بصورت تک درخت به 12-4 متر می­رسد (Martinez *et al*., 2010).

**1-4-2-برگ**

برگ­ها در درخت گردو متناوب، شانه­ای منفرد به طول 20 تا 25 سانتی­متر همراه با گوشوارک، معطر و معمولا دارای 5 تا 9 برگچه متقابل با کناره دندانه­دار یا صاف است که برگچه انتهایی و قاعده­ای به ترتیب دارای حداکثر و حداقل رشد و نمو می­باشند. برگ گردو در اوایل بهار سبز روشن و در تابستان قدری تیره­تر و با حالت نیمه چرمی است و در پاییز قبل از خزان به رنگ زرد روشن دیده می­شود (جعفری صیادی و همکاران، 1385).

**1-4-3- شاخه**

شاخه درختان گردو بسته به شرایط اکولوژیک ار قبیل سایه­اندازی و رقابت با درختان مجاور و ارقام مختلف بسیار متفاوت است. در درخت گردو، شاخه یا تنه دارای پوست خاکستری صاف یا دارای فلس و یا با شکاف­های ممتد می­باشد. در این درخت، شاخه­ی یک­ساله دارای مغز لایه به لایه و توخالی می­باشد. شاخه­های سال جاری در درخت گردو، قبلا در جوانه­های رویشی یا زایشی، شکل گرفته و سپس در کنار برگ­های فصل قبل تمایز یافته­اند. شاخه­های درخت گردو در فاز نونهالی نسبتاً کند رشد، با جوانه­های انتهایی درشت و پرقدرت است جوانه انتهایی درشت، با رشد قوی بوده و در انتهای ساقه اصلی یا در انتهای شاخه­های اصلی قرار دارد. از گسترش و رشد آن در دوران نونهالی محور­های اصلی درخت و در زمان بلوغ گل­های ماده بوجود می­آید. جوانه‌های جانبی در قاعده دمبرگ­ها ظاهر و از گسترش آن شاخه­های فرعی به وجود می­آید. برخی از این جوانه­ها افراشته و گردن­دار هستند، ولی برخی دیگر از این جوانه­ها بدون پایه و کوتاه­ترند که معمولا از آن­ها شاخه­های بارده با زاویه بسته و مقاوم به شکستگی به وجود می­آید. جوانه­های نابجا در شرایط عادی به صورت مخفی در قاعده شاخه­ها و تنه می­باشند، ولی هنگام هرس شدید و در صورت رسیدن نور به آن­ها بیدار شده و شاخه­های طویلی را بوجود می­آورند (جعفری صیادی و همکاران، 1385).

**1-4-4- ریشه**

درخت گردو دارای سیستم ریشه بسیار خوب و گسترده­ایی می­باشد. سیستم ریشه در این درخت به صورت راست با ریشه­های جانبی بسیار قوی بوده که بیشتر تمایل به حرکت به سمت پائین را دارد. اما در صورت قطع شدن ریشه های فرعی، توسعه ریشه ها به صورت افقی انجام می گیرد. قدرت رشد و میزان توسعه ریشه درخت گردو به میزان زیادی به رطوبت و بافت خاک وابسته است. میزان رشد اولیه ریشه گردو بسیار سریع می­باشد که همین امر سبب استقرار خوب این درخت می­گردد. ریشه گردو تولید یک ترکیب شیمیایی به نام ژوگلان[[10]](#footnote-10) کرده که اثر منفی بر رشد بسیاری از گیاهان در سایه انداز درخت داشته و همین ترکیب سبب خاصیت آللوپاتی[[11]](#footnote-11) قوی می­شود (جعفری صیادی و همکاران، 1385).



**شکل 1-1-** بافت­های مختلف درختان گردو (Sinoquet et al., 1997)

**1-4-5- گل**

در اغلب ارقام و گونه­های جنس گردو، تمایز گل به صورت تک­جنسی و بر روی یک پایه می­باشد. به عبارت دیگر، گل­های نر و ماده گردو به صورت مجزا بر روی یک درخت قرار دارند. گل­آذین نر به ‌صورت شاتون و به طول 6 تا 10 سانتی­متر است که دارای 4 کاسبرگ پیوسته با تعداد زیادی پرچم می­باشد. گل نر دارای گلپوش نا­منظم همراه با براکته بوده و روی شاخه­های سال قبل ظاهر می­گردد. در موارد استثنايي و در برخي ژنوتيپ­ها در گلچه­هاي نر، مادگي نيز تشكيل می­شود و شاتون به حالت دوجنسه[[12]](#footnote-12) در مي­آيد كه حتي قابليت تشكيل ميوه (با پوست سه قسمتي) را نيز دارند(طباطبايي و همكاران، 1377).



**شکل 1-2-** مقطع طولی و اجزای مختلف گل ماده در گردو (Ramos., 1998)

گل­های ماده گردو به‌صورت منفرد، دو­تایی، سه­تایی و گاهاً خوشه­ای بوده که بر روی شاخه­های فصل جاری ظاهر می­شوند. گل ماده دارای 4 کاسبرگ پیوسته، 1 حجره، 2 برچه و خامه منتهی به دو کلاله پر مانند با گلپوش 5-3 قسمتی است. بخش تحتاني گل ماده با يك غلاف كركدار پوشانيده شده است كه همراه با چهار كاسبرگ پوسته سبز گردو را تشكيل مي­دهد. در درون اين مجموعه، تخمدان یک حجره‌ای و دو تخمکی قرار دارد که در موارد بسیار نادر تلقیح هر دو تخمک منجر به تشکیل میوه دوقلو می‌شود. کلاله‌های پر مانند گردو داراي سطح بيروني لزج و چسبنده بوده كه براي گرده‌افشانی توسط باد سازش يافته­اند (شکل 1-2). در برخی ارقام، گل­های ماده در جوانه انتهایی شاخه یک­ساله (باردهی انتهایی[[13]](#footnote-13)) و در برخی ارقام دیگر، علاوه بر بخش انتهایی، جوانه­های جانبی (باردهی جانبی[[14]](#footnote-14)) نیز بوجود می­آید (ابراهیمی، 1386).

**6-4-1-میوه**

منحنی رشد میوه گردو سیگموئید ساده می­باشد که از نظر گیاهشناسی میوه آن شفت[[15]](#footnote-15) بوده که از رشد تخمدان حاصل شده و دارای دیواره ضخیم با 4-2 خانه غیر کامل و ناشکوفا می­باشد. برون­بر[[16]](#footnote-16) میوه به رنگ سبز و نسبتاً نازک است که ضخامت آن کمتر از یک میلی­متر می باشد و پس از رسیدن به رنگ زرد کم­رنگ در می­آید. میان­بر[[17]](#footnote-17) میوه به رنگ سبز، گوشتی و دارای طعم تلخ و تند و ضخامت حدود 4-3 میلی­متر می­باشد. درون­بر[[18]](#footnote-18) میوه گردو چوبی استخوانی و بسیار مقاوم با فرورفتگی­های نامنظم است که 40 تا 65 درصد وزن کل میوه‌­ی خشک را تشکیل می­دهد. میوه گردو دارای تیغه میانی سخت و سفتی است که از دو بخش قرینه و چسبیده به هم تشکیل شده است. بسته به رقم، میوه گردو به اشکال قلبی، بیضوی کشیده، کروی و مخروطی دیده می­شود. مهم­ترین قسمت خوراکی و یا تجاری گردو یعنی مغز یا جنین در داخل این پوسته قرار گرفته و دارای دو لپه­ چین خورده و پوسته­ نازک قهوه­ای رنگ غشایی است. رنگ مغز یک خصوصیت ژنتیکی است ولی تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر دمای زیاد و تنش خشکی در زمان برداشت و حمله آفات و بیماری­ها قرار می­گیرد. مغز گردو 35 تا 65 درصد وزن کل میوه را تشکیل می­دهد ( Hassani *et* *al*., 2020؛ طباطبايي و همكاران، 1377).

**1-5-بیولوژی گردو**

**1-5-****1- رشد رویشی**

در چرخه زندگی گردو دو مرحله مشخص وجود دارد. مرحله اول که دوره نونهالی بوده و در حدود 5-10 سال طول می­کشد، با رشد فعال درخت گردو و گسترش تاج و سیستم ریشه همراه است. مرحله بعدي از رشد درختان گردو (مرحله بلوغ و باردهی)، 10 سال پس از کاشت آغاز شده و تا پايان عمر درخت ادامه دارد. مدت زمان (10-2 سال) بين جوانه­زني بذر تا بار­دهی درختان گردو به میزان زیادی به منشاء بذر بستگی دارد. ساختار ژنتیکی، جلوگیری از هرس شدید، مصرف میزان متوسط نیتروژن و تامین شرایط مناسب برای رشد سبب كوتاه شدن طول دوره نونهالی درخت گردو می­گردد. در مقابل، مصرف زیاد آب و نیتروژن مانع از ورود درخت به فاز بلوغ می­گردد. برخي عمليات­های باغي از قبیل خم كردن شاخه­ها و حلقه­برداري سبب تغییرات زیادی در ماده خشک برگ و تسريع در گلدهي می­شود (گريگوريان، 1355).

**1-5-2- گلدهی**

گلدهي یک پديده مهم در طي رشد و نمو گياهان می­باشد كه در تعيين عملكرد نهايي اثر چشمگيري دارد. درخت گردو يك پايه بوده و گل­های نر (شاتون) و ماده آن به صورت جدا از هم روي يك درخت ظاهر می­شوند. در درختان گردو، پس از پایان دوره نونهالی، از رشد رویشی کاسته و مرحله گلدهی آغاز می­گردد و اصولا در درختان بذری از سال 15-10 به باردهی اقتصادی می­رسند. این در حالی است که در درختان حاصل از تکثیر رویشی، این مدت زمان به کمتر از نصف کاهش می­یابد. گلدهي و تشكيل ميوه در درختان گردو تحت تاثير عوامل دروني و بيروني قرار مي­گيرد. سن فیزیولوژیک و سطح ذخاير غذايي عامل تعيين كننده در زمان گلدهي است و به محض فراهم شدن شرايط مناسب داخلي و بيروني گلدهي به وقوع مي­پيوندد (کاشی و وحدتی، 1377).

**1-5-3-ناهمرسی[[19]](#footnote-19) در گردو**

در گردوی ایرانی، باز شدن گل­های نر و ماده­ی یک درخت معمولا از نظر زمانی متفاوت بوده و به این حالت ناهمرسی یا دیکوگامی گفته می­شود. بر همین اساس و از نظر همپوشانی زمان آزاد شدن دانه گرده با زمان پذیرش آن توسط گل ماده، سه حالت در گردو وجود دارد. در حالت اول که پروتاندر[[20]](#footnote-20) یا پیش نر نامیده می­شود، معمولا گل­های نر زودتر از گل­های ماده به مرحله بلوغ می­رسند، لذا زمان آزاد شدن دانه گرده قبل از زمان پذیرش آن توسط مادگی می­باشد. عمده ارقام گردو، پروتاندر می­باشند. در حالت دوم که پروتوژینی[[21]](#footnote-21) یا پیش ماده گفته می­شود، زمان پذیرش کلاله گل ماده، قبل از زمان آزاد شدن دانه گرده می­باشد. در برخی ارقام گردو مرحله بلوغ گل­های نر و ماده گردو تقریبا با یکدیگر همزمان بوده (حالت سوم) و لذا زمان آزاد شدن دانه گرده با زمان پذیرش کلاله، بیش از 6 روز با هم همپوشانی دارند که هموگام[[22]](#footnote-22) نامیده می شود (ابراهيمي، 1386).

**1-5-4-زمان گل انگیزی و باز شدن گل**

گل انگیزی در درختان گردو با بلوغ جوانه های فصل رشد جاری در اوایل تابستان انجام می گردد و به تدریج تمایز گل های نر و ماده در طول فصل و قبل از زمستان شروع می گردد اما بخش اعظمی از اندام­های گل نر و ماده طی يك ماه قبل از شكوفايي تشکیل مي­شوند. زمان و نحوه تشکیل اندام های گل نر و ماده به عادت باردهی (نوع دیکوگاهی) درختان گردو نیز بستگی دارد. اما تمایز مادگی چند هفته قبل از گلدهی آغاز شده و سپس تخمک و کیسه جنینی در قاعده­ آن ایجاد می­شود. به طور کلی، در مقایسه با برخی از درختان هسته­دار از قبیل بادام و زردآلو، جوانه گردو پس از استراحت زمستانه، در بهار نسبتا دیر باز می­شود. با تداوم فصل گرم برگدهی از اول فروردین تا اول اردیبهشت بسته به رقم و منطقه جغرافیایی شروع می‌شود. با شروع فصل رشد در بهار، جوانه­های گردو، باز شده و در راس آن برگ­های انتهایی به چشم می­خورند. با گذشت زمان برگ­های جوان گردو ظاهر و تمایز یابی مادگی و تشکیل بافت خورش انجام گرفته و پس از آن گل ماده ظاهر می­گردد (کاشی و وحدتی، 1377).

**1-5-5-گرده افشانی**

ناسازگاری در ارقام گردوی ایرانی تا بحال گزارش نشده است، اما به علت ناهمرسی گل­های نر و ماده میزان خود گرده­افشانی در آن­ها پائین بوده و به منظور تشکیل میوه خوب نیاز به رقم گرده­زا[[23]](#footnote-23) دارند   
(Ozkan and Celep, 2001). گرده افشانی گردو توسط باد صورت می­گیرد و همین امر سبب شده است تا تنوع زیادی بین درختان گردوی بذری مشاهده گردد (Sharma and Sharma, 2001). دانه­ی گرده گردو به دلیل رطوبت پایین طول عمر کوتاهی (2 تا 3 روز) داشته و سریعاً باید بروی کلاله قرار گیرد. شروع زمان گرده­افشانی گردو، زمان رسیدگی کامل کلاله­ها که به رنگ سبز و زرد درآمده و نوک آن­ها نارنجی شده است. تحت این شرایط، دو لوب کلاله نصب به یکدیگر زاویه 45 درجه دارند (کاشی و وحدتی، 1377).



**شکل 1-3-** شروع زمان پذیرش دانه گرده توسط مادگی در گل ماده گردو (Mert ., 2010)

**1-5-6-گرده افشانی و پدیده ریزش گل ماده**[[24]](#footnote-24)

ریزش غیر طبیعی و زودهنگام گل­های ماده گردو با ریزش معمولی (در اثر عدم گرده­افشانی) متفاوت بوده و می­تواند به میزان زیادی باعث کاهش باردهی، به­خصوص در ارقام با باردهی انتهایی گردد که به این پدیده ریزش گل­های ماده گردو گفته می­شود این عارضه اولین بار در رقم سر مشاهده شده است. دلیل اصلی این ریزش وجود دانه گرده زیاد روی سطح کلاله در زمان گرده­افشانی است که منجر به تحريك تخمدان به توليد اتلين و در نهایت تشكيل لاية سواگر در دمگل و ريزش گل­هاي ماده می شود. این پدیده بر میزان تشکیل میوه تاثیر منفی داشته و عملکرد درختان گردو را به شدت کاهش می­دهد. حساسیت ارقام مختلف گردو به این عارضه متفاوت بوده و برخی ارقام متحمل (چندلر) و برخی دیگر حساس (رقم سر) و لازم است براي اجتناب از اين پديده، از كشت ارقام حساس به ریزش یا درصد بالای ارقام گرده­زا برای ارقام اصلی درختان خودداري کرد (Gonzalez *et al.,* 2008).

**1-5-7-میوه­دهی**

درختان گردوی ایرانی از نظر عادت باردهی به سه شکل باردهی انتهایی، جانبی و بینابینی می­باشند. در ارقام با باردهی انتهایی فرانكت، جوانه­های بارده، روی شاخه­های یک‌ساله، فقط در وضیعت انتهایی متمرکز می­شوند. این در حالی است که در ارقام با باردهی جانبی (چندلر، پدرو، چالدران و الوند)، جوانه­های بارده در طول شاخه­های سال جاری پراکنده است. درختانی که عادت باردهی جانبی دارند در بهار زودتر گل داده و پتانسیل عملکرد بهتری نسبت به درختان با عادت باردهی انتهایی دارند (Hassani et al., 2020; Solar *et al.,* 2001). باردهی جانبی یک صفت اصلاحی بسیار مهم در گردو تلقی می­شود. متاسفانه بسیاری از درختان گردوی بذری فاقد عادت باردهی جانبی می­باشند.

**1-5-8- سال­آوری**

در برخی درختان میوه، باردهی سنگين در يك سال، سبب تخلیه ذخایر غذایی و برهم خوردن تعادل هورمونی در همان سال و یا در سال بعد (ریزش جوانه­ها و کاهش عملکرد) می­گردد که به این پدید سال­آوری گفته می­شود. در مورد گردو، تاکنون گزارش معتبر و مستندی منتشر نشده است. گزراشات موجود هم میزان سال‌آوری را حداکثر 13 درصد بیان کرده اند (محمودی و همکاران، 2014).

**1-5-9-شاخص رسیدن میوه**

به طور کلی، میوه­ی گردوی ایرانی در اواخر تابستان و ابتدای فصل پائیز، زمانی­که پوست سبز میوه شکاف خورده و میزان روغن مغز به حداکثر می­رسد، آماده برداشت می­باشد. هر چند رابطه مثبتی بين ترك برداشتن پوست سبز و رسيدن مغز وجود ندارد، اما با توجه به دشواری جدا کردن پوست سبز از میوه، عمده باغداران، برداشت میوه گردو را به بعد از شکاف کامل پوست سبز موکول می­کنند، این در حالی است که میوه آن، یک دو هفته قبل از شکاف خوردن پوست سبز، می­رسد. بهترين شاخص زمان برداشت، استفاده از تغيير رنگ تیغه های میانی و بافت پر كننده پيرامون مغز مي‌باشد. وقتي كه اين بافت شروع به قهوه‌اي شدن نمود بايد برداشت آغاز شود تا بهترين كيفيت مغز به­دست آيد. به منظور برداشت مکانیکی و سهولت در جدا کردن پوست سبز، زمانی که حدود 80 درصد از پوست سبز شروع به ترک خوردن نمود، می­توان جهت برداشت گردو اقدام کرد (Wilkinson, 2005).

**1-6- اهداف پژوهش**

بررسی تاثیر تیمارهای CaTs و KTS به صورت انفرادی یا تلفیقی بر خواص کیفی و کمی میوه گردو رقم چندلر **و** بهبود رشد و بررسی میزان غلظت عناصر در بافت برگ درختان

**فصل دوم**

**بررسی منابع**

**1-2- کلیات و بررسی منابع علمی**

**2-1-1- ارقام**

از مهمترین ارقام خارجی گردو می­توان به چندلر، پدرو، فرنور، هارتلی، لارا و فرانکت اشاره کرد  
(Soleimani *et al*., 2019). مهمترین ارقام گردوی ایرانی شاملی جمال، دماوند ، کاسپین، پرشیا، چالدران و الوند میباشد که در سال های اخیر از بین توده های بومی گردوی کشور شناسایی، اصلاح و معرفی شده اند  
(Soleimani *et al.,* 2019).

همچنین در کشور­هاي مختلف نیز ارقام گردو متعددی معرفی شده است. به عنوان مثال، در آمریکا می‌توان از ارقام چندلر[[25]](#footnote-25)، پاین[[26]](#footnote-26)، سر[[27]](#footnote-27)، هارتلی[[28]](#footnote-28)، یورکا[[29]](#footnote-29)، وینا[[30]](#footnote-30)، پدرو[[31]](#footnote-31)، چیکو[[32]](#footnote-32)، فورد[[33]](#footnote-33)، هاوارد[[34]](#footnote-34)، ایوانهو[[35]](#footnote-35)، ژیلت[[36]](#footnote-36)، سکستون[[37]](#footnote-37)، سولانو[[38]](#footnote-38)، تهاما[[39]](#footnote-39)، سانلاند[[40]](#footnote-40) و تولاره[[41]](#footnote-41)، دورهام[[42]](#footnote-42) و ولف اسکیل[[43]](#footnote-43) نام برد.

در فرانسه ارقام فرانکت[[44]](#footnote-44)، لارا[[45]](#footnote-45)، فرنور[[46]](#footnote-46)، کورن[[47]](#footnote-47)، گرندجین[[48]](#footnote-48)، فرجین[[49]](#footnote-49)، مایت[[50]](#footnote-50)، پاریزین[[51]](#footnote-51) و ماربوت[[52]](#footnote-52)، در ایتالیا ارقام سورنتو[[53]](#footnote-53)، فلتیرنو[[54]](#footnote-54)، سرتو[[55]](#footnote-55)، بلجیان[[56]](#footnote-56) از ارقام مهم گردو می­باشند. در زیر به مشخصات و ویژگی­های چند رقم مهم و تجاری گردوی دنیا اشاره می­شود:

**2-1-2-چندلر**

رقم چندلر هیبرید بین رقم پدرو × UC56-22 است. چندلر رقمی زودبارده، با عادت باردهی جانبی است که میوه‌ی آن هم­زمان با فرانکت می­رسد. این رقم دارای مغز به رنگ روشن است که به­راحتی از پوست جدا می­شود و 47 تا 52 درصد وزن کل میوه را تشکیل می­دهد (Germain *et al*., 1999). نهال گردو چندلر جزء ارقام بسیار پر طرفدار و مشهور در سراسر جهان به شمار می­آید از ویژگی­های منحصر به فرد آن، سازگاری بسیار خوبی در برابر سایر اقلیم­ها و بسیاری از آفات و بیماری­ها برخوردار می­باشد. از این رو، باغداران می­توانند با خیال آسوده نهال گردو چندلر را در اغلب نقاط کشور پرورش دهند. از مهم­ترین عواملی که نهال گردو چندلر را به شهرت رسانده، می­توان به نوع میوه­های آن اشاره کرد. دارای ظاهری گرد و کروی با پوست‌های به رنگ قهوه­ای روشن و بسیار نازک است. نهال گردوی چندلر، جزء ارقام دیربرگ محسوب می­شود و از سال پنجم پس از کاشت در دوره اقتصادی قرار می­گیرد. همچنین نهال چندلر پاکوتاه به شمار می­آید. ارتفاع این نهال پس از رشد در حالت عادی حداکثر به حدود 6 متر می‌رسد. از دیگر عواملی که سبب پر­طرفدار شدن این نهال گردو نسبت به سایر ارقام شده، طول عمر اقتصادی آن است. طول عمر اقتصادی نهال گردو چندلر حدود 50 سال می­باشد. نهال گردو چندلر، جزء ارقام خود بارور محسوب نمی­شود و برای بارور شدن نیازمند یک رقم گرده­افشان است. از ارقام گردو فرنور، فرنت و فرانکت، کاسپین و پرشیا برای گرده­افشانی استفاده می­شوند (Soleimani *et al.,* 2023) طبق نظر کارشناسان فاصله کشت این رقم 6 تا 8 متر می‌باشد.

**2-2- شرایط نگهداری گردو**

**4-2-2- تغذیه**

عملکرد زیاد این رقم باعث افزایش مصرف کود درختان گردو چندلر نسبت به سایر درختان است. استفاده از کود­های آلی و معدنی مناسب، به درخت گردو کمک می­کند تا بهتر رشد کند و محصول با کیفیت تولید کند  
(Acarsoy *et al.,* 2023).

**3-2- کلسیم**

2-3-1- نقش کلسیم در کیفیت گیاهان

در گیاهان، کلسیم به عنوان رابط بین سلول­‌های گیاهی بوده و در ساختمان تیغه­میانی سلول‌­ها در ترکیبی به نام پکتات­کلسیم وجود دارد و تا زمانی که مقدار آن به اندازه کافی باشد، از تخریب دیواره پکتینی جلوگیری می‌شود. این عنصر در فعل و انفعالات آنزیمی نیز شرکت کرده و در ایجاد توازن بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها سیتوپلاسمی نقش دارد. این عنصر در نفوذ­پذیری غشا­های سلول‌ها تأثیر داشته و بر مقدار جذب سایر عناصر گیاهی موثر است. در مباحث پس از برداشت میوه­ها، میوه­‌هایی که مقدار کلسیم بالایی دارند، از قابلیت حمل و انبارداری بهتری برخوردار هستند. حداقل ۶۰ درصد کلسیم در گیاهان در دیواره سلولی قرار دارد. کلسیم موجود در دیواره سلولی از سلول‌ها در مقابل میکروب‌­هایی که تلاش دارند با شکستن دیواره وارد سلول شوند ممانعت می‌کند. همچنین کلسیم باعث انقباض سطوح غشاء سلولی می‌شود که در نتیجه سلول آب کمتری از دست می‌دهد. این عنصر در بافت­های گیاهی غیر­متحرک بوده و تنها با حرکت آب در طی فرایند تعرق جابجا می‌شود. به همین دلیل انتقال این عنصر در درون بافت‌­ها کند بوده و برای جلو­گیری از بروز علایم کمبود باید بصورت پیوسته در دسترس گیاه قرار گیرد. کلسیم به صورت یون دو ظرفیتی از خاک جذب می‌شود و در درون گیاه از برگ­‌های پیر به برگ­‌های جدید و نوک ساقه انتقال نمی‌یابد و مقدار آن در آوند­های آبکش کمتر بوده و علت این هم احتمالاً به دلیل رسوب کلسیم به صورت فسفات کلسیم می‌باشد (ملکوتی، 1394).

کمبود کلسیم موجب کاهش رشد و همچنین لوله شدن برگ‌ها و قهوه­ای شدن ریشه­‌ها می‌شود. برای مثال در گوجه­فرنگی، کمبود کلسیم موجب پوسیدگی ته میوه می‌شود. در سیب کمبود کلسیم باعث کاهش استحکام میوه­‌ها و عمر انبار­داری می­شود. در صورتی­که گیاه با کمبود کلسیم مواجه شود، برگ‌­ها بد شکل و پیچیده می‌شوند و به رنگ زرد به طرف پایین خم می­شوند. همچنین این گیاهان اندازه کوچکی داشته و گل‌­ها و گلبرگ‌­های آن‌ها ریزش می‌کند. کمبود کلسیم یا مشکل در جذب آن در گردو باعث می شود که پوست چوبی میوه به خوبی تشکیل نشود  
(خوشخوی، 1391 و جلیل­مرندی، 1392).

به منظور بررسی اثرات محلول­پاشی کلسیم بر درختان سیب رقم گلدن­دلیشیز و گرانی­اسمیت میوه سطوح محلول­پاشی صفر، 2 و 4 گرم در لیتر تیمار شدند. نتایج نشان داد که هر دو سطح تیمار استفاده شده توانست صفات کمی و کیفی را در مقایسه با درختان شاهد به طور قابل توجهی افزایش دهد (Arabloo *et al*., 2017).

در آزمایش دیگر تاثیر محلول­پاشی با پتاسیم و کلسیم بر خصوصیات کیفی میوه سیب در مناطق جنوب مرکزی ایران، با تابستان گرم و خشک، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار 5 گرم در لیتر کلرید کلسیم توانست وزن میوه، غلظت قند و آنتوسیانین و مقدار سفتی بافت میوه را افزایش دهد. همچنین میزان جذب پتاسیم به میزان قابل توجهی در حضور این تیمارها افزایش نشان داده و باعث بهبود رنگ بافت میوه شد (Solhjoo *et al*., 2017).

تاثير محلول­پاشي با عناصر كلسيم، روي و بر در ريزش قبل از برداشت ميوه گلابی، ميزان قند­ها، غلظت كلسيم، روي و بر ميوه و همچنین برخي از خواص فيزيكی و شيميايي ميوه در پنج رقم گلابي آسیایی در شرايط آب و هوايي استان تهران مطالعه گردید. تیمار تغذیه به این صورت بود که از حدود يك ماه پس از تشكيل ميوه تا رسيدن ميوه، هر دو هفته يكبار درختان با عناصر كلسيم، روي و بور و مخلوط اين سه عنصر با غلظت 5 در هزار محلول­پاشي شدند. نتایج نشان داد که كاربرد عناصر غذايي به طور معني­داري باعث كاهش ريزش ميوه در تمام ارقام شده و تیمار ترکیبی كلسيم، روي و بور با 3/6 درصد ريزش بيش­ترين تأثير را در کاهش ریزش در مقایسه با 3/17 درصد ريزش در شاهد داشت. در تمام ارقام، قند غالب ميوه فروكتوز بود و بعد از آن گلوگز، سوربيتول و ساكاروز بيشترين مقدار بود. كاربرد عناصر غذايي باعث افزايش معني­دار قندها در ميوه شد. همچنين كاربرد كلسيم باعث افزايش سفتي ميوه در ارقام مختلف گرديد. محلول­پاشي تاثیر معنی­داری بر افزايش غلظت عناصر تحت تیمار در بافت برگ و ميوه ارقام مورد مطالعه داشت (خوش­قلب و همکاران، 1391).

مطالعه تاثیر محلول­پاشی کلسیم بر عملکرد کیفی میوه انگور نشان داد که کود­دهی باعث کاهش معنی­دار عارضه ترك­خوردگی در این محصول شد (Yu *et al*., 2020).

تاثیر روش­های مختلف استفاده از کود­های حاوی کلسیم بر کیفیت میوه سیب نشان داد که کاربرد کود کلسیمی، صرف نظر از نوع کاربرد خاکی یا محلول­پاشی آن، توانست بر ترکیبات معدنی، پارامتر­های کیفی پس از برداشت، میزان سفتی بافت میوه، میزان قند و اسیدیته میوه تفاوت معنی­داری داشته باشد. بر اساس یافته­های حاصل از کاربرد خاکی این کود، نتایج نشان داد که جذب کلسیم توسط بافت آوند آبکش صورت گرفته و انتقال آن به برگ­ها و میوه­ها مستقیما تحت تاثیر جریان تعرق گیاه قرار دارد. در کل نتایج نشان داد که استفاده ترکیبی کود، هم از طریق خاک و هم محلول­پاشی، می­تواند الگوی موفق­تری از توزیع متناسب و متوازن کلسیم را در قسمت­های مختلف گیاهی داشته باشد (شرايعي و همکاران، 1380).

مطالعات متعدد نشان داده است که تیمار قبل و بعد از برداشت میوه سیب با کودهاي کلسیمی در ارتقاي فاکتور­هاي کیفی میوه بسیار موثر است. به طوري که کلسیم باعث استحکام بافت میوه و کاهش ناهنجاري­هاي فیزیولوژیکی شده و میزان فسادپذیري میوه را تا حد زیادي کاهش داد. همچنین کلسیم در اتصال پلی­ساکاریدها و پروتئین­هاي تشکیل­دهنده­ي دیواره­ي سلولی نقش داشته و از این طریق در بهبود نمو گل، بلوغ و انتقال کربوهیدرات­ها از برگ­ها به میوه­ها نقش بی­بدیلی را ایفا می­نماید (Lanauskas and Kvikliene, 2006).

4-2- پتاسیم

2-4-1- نقش پتاسیم درکیفیت گیاهان

پتاسم فراوان­ترین کاتیون در گیاهان است که عملکرد­های مهمی در گیاه ایفا می­کند. از جمله نقش­های پتاسیم در گیاهان می­توان به فتوسنتز، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیم­ها، حفظ پتانسیل غشای پلاسمایی، سنتز پروتئین، حفظ تعادل آنیون\_کاتیون و تنظیم باز و بسته شدن روزنه­ها اشاره کرد (Pandey and Mahiwal., 2020). همچنین، این عنصر در حرکت آب، مواد مغذی و کربوهیدات­ها در بافت گیاه نقش دارد و عنصر مهمی در افزایش مقاومت گیاه به تنش است. افزون بر این، پتاسیم برای تثبیت نیتروژن (در گیاهان دارای توانایی تثبیت نیتروژن مانند یونجه) توسط گره­های ریشه اهمیت دارد. از آنجایی که پتاسیم سلامت کلی گیاهان در حال رشد را بهبود می­دهد و به آنها در مبارزه با بیماری­ها کمک می­کند، به عنوان عنصر غذایی "کیفیت" شناخته می­شود (Hafsi *et al.,* 2014).

کمبود پتاسیم یک تنش غیر زنده است که منجر به کاهش شدید رشد و عملکرد در گیاه می­شود. کمبود پتاسیم واکنش­های مختلفی را در سطوح مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیو­شیمیایی و مولکولی در گیاهان ایجاد می­کند کمبود پتاسیم در گیاهان موجب کاهش فتوسنتز، کاهش سرعت رشد برگ، کلروز و نکروز، افزایش جذب منیزیم، کلسیم و سدیم، کاهش مقاومت نسبت به تنش­های زنده و غیر زنده و ظاهر پژمرده و افتاده گیاه می­شود.(Ashley *et al*., 2006).

به منظور افزایش کمیت وکیفیت در میوه انگور رقم عسگری آزمایشی در قالب فاکتوریل در سال 1390 در شهرکرد اجرا شد. نتایج نشان داد که پتاسیم اثرمعناداری بر عملکرد واجزای آن داشت. سطوح مختلف پتاسیم موجب افزایش تعداد خوشه، وزن خوشه و طول وعرض خوشه و مواد جامد محلول شد. نتایج پژوهش حاضر نشان دادکه تیمار تغذیه­ای پتاسیم رسیدن میوه را تسریع می­کند و عملکرد و مقدار قند میوه را افزایش می­دهد  
(احمدی و همکاران، 1393).

اثر محلول­پاشی پتاسیم بر عمر انباری­مانی و کیفیت میوه­ی پرتقال در رقم ناول که عمر انبار­مانی نسبتا پایین است در این رقم، یکی از عوامل مهم افزایش حداکثری کیفیت میوه و ارزش غذایی آن حضور مقداری مناسب پتاسیم در میوه است. در مجوعه براساس یافته­ها محلول­پاشی میوه­های پرتغال رقم تامسون ناول یک مرحله در خرداد ماه و دو مرحله در تیر ماه هر بار به میزان (دو در هزار) برای حفظ کمیت و کیفیت میوه ها طی انبار­داری مناسب است  
(کاویانی و همکاران، 1401).

بررسی تاثیر پتاسیم بر عملکرد و خواص کیفی میوه کیوی نشان داد که کیوی از محصولات پر توقع نسبت به این عنصر محسوب می شود. به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف کود پتاسیم و روش های مصرف آنها بر میزان عملکرد و خواص کیفی میوه آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به اجرا در آمد. در مرداد ماه نمونه برداری برگ انجام و غلظت عناصر غذایی اندازه گیری شد. پس از برداشت محصول، عملکرد، وزن و قطرمتوسط میوه، خواص کیفی عصاره میوه مانند ویتامین ث، مجموعه املاح محلول، اسیدیته کل و pH در تیمار های مختلف اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که در طی این آزمایش تیمار اثر معنی داری نشان داد. اثر پتاسیم بر کلیه پارامتر های مربوط به عملکرد و خواص کیفی میوه کیوی معنی دار بوده است (مرادی و همکاران، 1395).

**2-5- گوگرد**

**2-5-1- معرفی گوگرد و نقش آن در گیاه**

گوگرد یک عنصر ضروری برای رشد گیاه است. گوگرد به عنوان چهارمین عنصر بعد از نیتروژن، فسفر و پتاس قرار گرفته است (Boyd, 2016). وقتی خاکی کمبود گوگرد داشته و به آن توجه نشود، گیاهان به حداکثر تولید نخواهند رسید، حتی اگر بقیه عناصر غذایی به حد کافی در خاک وجود داشته باشد. گوگرد در گیاهان به صورت سولفات جذب می­شود و این سولفات در ساختمان دو آمینو اسید مهم متیونین و سیستئین وجود دارد. گوگرد یکی از مواد معدنی بسیار مفید و لازم برای بدن انسان می­باشد که باید توسط مواد غذایی یا قرص­های مکمل مصرف شود (Droux, 2004). از فواید بسیار مفید گوگرد در بدن می­توان به ضد عفونی کردن خون اشاره کرد. علاوه براین گوگرد مقاومت بدن را در برابر باکتری­ها افزایش می­دهد و از پروتوپلاسم سلول­ها محافظت می­نماید. گوگرد ترشح صفرا را تحریک می­نماید و در مقابل مواد سمی از بدن محافظت می­کند. علاوه براین گوگرد روند پیری را کنترل می­کند. از خواص دیگر گوگرد می‌توان به درمان آرتروز مفاصل و خشکی و سفتی عضلات اشاره کرد. این ماده معدنی در مقابل اثرات زیان آور پرتو و آلودگی از بدن محافظت می­کند. گوگرد یک ماده معدنی حیاتی برای سلامت مو­ها، پوست و ناخن­هاست  
 (Hewlings and Kalman, 2019).

2-5-2-علل کمبود گوگرد در گیاهان

* خاک شنی یا ماسه­ای با مواد آلی کم
* شسته شدن گوگرد در اثر بارندگی در فصل زمستان
* عدم افزودن کود­های آلی و دامی به زمین کشاورزی
* عدم جابه جایی گوگرد در اثر خشکی در فصل بهار (Lewandowska and Sirko, 20008).

2-5-3- اثرات کمبود گوگرد

از اثرات کمبود گوگرد می­توان به تجمع ازت غیر پروتئینی در گیاه اشاره کرد که مصرف آن برای حیوانات نشخوار زیان آور است و تجمع نیترات ناشی از کمبود گوگرد در گیاهان برای جانوران سمی است. شکل قابل توجه گوگرد در گیاهان به صورت یون سولفات است از این رو اگر عنصری استفاده شود برای تبدیل آن به سولفات باید شرایط اکسیداسیون در خاک مهیا باشد. از جمله این شرایط رطوبت، ماده آلی ، دمای ایده­ال، سطح تماس و وجود میکرو ارگانیسم های اکسید کننده گوگرد هست (Falk *et al.,* 2007).

**4-5-2-مزایای کود­های گوگردی درکشاورزی**

* تنظیم pH، استریل و اصلاح خاک
* قارچ­کش و نماتد­کش
* کاهش تثبیت فسفر در خاک های آهکی
* دور کنندگی آفات (کنه،شته و تریپس و پسیل)
* کاهش تجمع نیترات در محصولات کشاورزی (Messick *et al*., 2005; Chien *et al.,* 2011).

**2-5-5- نقش گوگرد درکیفیت گیاهان**

گوگرد در کشاورزی به همراه مواد معدنی دیگر همانند کلسیم و منیزیم می تواند نقش مفیدی داشته باشد که باعث رشد طبیعی و باروری بیشتر گیاهان شود. از همین رو هم در حوزه باغداری و هم زراعت از کود های گوگردی به وفور استفاده می­شود(Narayan *et al*., 2023). بسیاری از متخصصان، گوگرد در کشاورزی را به عنوان یک ماده مغذی ثانویه می­دانند که می­تواند باعث متعادل نمودن نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک شود. با این توضیح باید در نظر داشته باشیم که گوگرد به عنوان یک ماده مغذی برای گیاهان دارای اهمیت فراوانی است. نقش گوگرد در کشاورزی هم به صورت طبیعی از هوا و هم به صورت سولفاته و محلول درآب مورد استفاده قرار می گیرد. وجود گوگرد در خاک باعث می­شود تا میوه­ها بزرگ­تر گرداند. از سوی دیگر دانه­های روغنی در گیاهان که کود گوگرد مصرف نموده اند، قابل استخراج است (Zhao *et al*., 2008).

در خاک های آهکی ایران به علت pH، بالا عناصر غذایی از حلالیت اندکی برخوردار بوده و جذب آن­ها توسط گیاهان با مشکل مواجه است. گوگرد با کاهشpH خاک اطراف ریشه موجب افزایش حلالیت و جذب عناصر غذایی خاک می‌شود. پژوهشی در قالب طرح آماری بلوک­های کامل تصادفی با چهار تیمارگوگرد در سه تکرار در چهار مزرعه گندم آبی در استان کرمانشاه اجرا شد. نتایج تجزیه مرکب این پژوهش نشان داد که اثر گوگرد، مکان و بر هم­کنش آن­ها بر عملکرد دانه، درصد پروتئین، وزن هزاردانه و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم در کلیه مناطق در سطح یک درصد معنی­دار بوده است (قادری و همکاران،1398).

آزمایشی دیگر در مزرعه استان بصره\_منطقه قرنه در فصل زمستان سال 98-99 برایتخمین اثر کاربرد سطوح مختلف کود گوگردی کشاورزی بر برخی خواص رشدی گیاه گندم انجام و نتایج نشان داد که کود گوگردی بر تمامی خصوصیات مورد مطالعه تاثیر معنی­دار داشت (Al-Salami *et al*., 2021).

**فصل سوم**

**مواد و روش‌ها**

**3- مواد و روش­ها**

**1-3- مکان و طرح آزمایش**

این پژوهش در سال 1402 در باغات گردوی شرکت کشت و صنعت دشت خرمدره واقع در استان زنجان، شهرستان خرمدره در عرض جغرافیایی °25/36 شمالی و طول جغرافیایی °25/49 شرقی انجام گرفت. باغ گردوی مورد نظر 6 ساله بوده و با استفاده از نهال‌های کشت بافتی شرکت کشت و صنعت رعنا و رقم چندلر با فاصله 7×7 متر احداث شده است در حال حاضر باغ مورد نظر در سال های اولیه باردهی اقتصادی قرار دارد. آزمایش با چهار تیمار، سه تکرار و پنج درخت در هر واحد آزمایشی(15 درخت برای هر تکرار و مجموعا 60 درخت برای کل آزمایش) انجام شد (شکل 3-1).



شکل 3-1- نمای کلی درختان گردو کشت صنعت خرمدره

**2-3- روش اجرای پژوهش**

در موقع اجرای آزمایش و برای جلوگیری از اختلاط و تاثیر تغذیه درختان مجاور بر روی تیمارهای اصلی، بین هر کرت با کرت کناری سه ردیف فاصله گذاشته شد. به علاوه در هر کرت، یک ردیف درخت کناری در چهار طرف تیمار اصلی نیز با تیمار کودی همان کرت تغذیه شد ولی یاداشت برداری‌ها فقط بر روی درختان اصلی هر کرت انجام گرفت. برای اجرای آزمایش، یک تانک تزریق کود با لوله کشی جداگانه برای هرکرت طراحی شده بود و تزریق کودهای هر تیمار به صورت جداگانه از طریق این سیستم انجام شد و در نهایت بعد از اعمال تیمارها، آبیاری قطعات با استفاده از سیستم آبیاری اصلی انجام می‌گیرد تا کود در اختیار درختان قرار بگیرد.



شکل 3-2- سیستم آبیاری مورد استفاده برای اعمال تیمارهای کودی در کشت صنعت خرمدره

**3-3- مراحل اعمال تیمارها**

تیمارهای آزمایشی شامل چهار تیمار می باشد که تیمار یک به عنوان تیمار شاهد (تغذیه استاندارد باغ) بود. تیمار شاهد که تغذیه استاندارد باغ است شامل ترکیبات نیترات پتاسیم کلسیم (50 کیلو در هکتار در اواخر فروردین)، سولفات پتاسیم (sop) (50 کیلو در هکتار در اوایل مرداد)، سولو پتاس (150کیلو در هکتار در اواخر مرداد) به صورت تغذیه خاکی و و کود کامل پتاس بالا (5/7 لیتر در هکتار در اواسط خرداد) به صورت محلول پاشی استفاده شد. لازم به توضیح است که برنامه تغذیه باغ با سایر منابع کوی شامل کودهای ازته و سایر عناصر ماکرو و میکرو طبق برنامه تغذیه باغ برای همه تیمارها اعمال شد.

شکل3-3- جدول آزمایش خاک باغ قبل از انجام آزمایش

در تیمار دوم کود تیوسولفات کلسیم(CaTs) شرکت تسندرلو کرلی[[57]](#footnote-57) بلژیک جایگزین نیترات پتاسیم کلسیم تیمار یک (شاهد) شد و طبق دستورالعمل شرکت سازنده آن به میزان 100 لیتر در هکتار مصرف گردید که از مقدار مذکور 75 لیتر در هکتار در اوایل فروردین (همزمان با تورم جوانه ها) و 25 لیتر در هکتار در اواخر اردیبهشت (پس از اتمام گل دهی) از طریق تانک کود-آبیاری در خاک تزریق شد. ®CaTs یک محلول با پایه خنثی، بدون کلرید و شفاف است که حاوی 6 درصد کلسیم (Ca w/w) و 10 درصد گوگرد (Sw/w) است. یک لیتر CaTs حاوی 75 گرم کلسیم (Ca) و 125 گرم گوگرد (S) به شکل تیوسولفات است. می توان آن را برای طیف گسترده ای از محصولات اعمال کرد. طبق ادعای شرکت تولید کنند مزایای استفاده از این کود به شرح زیر است.

1. استحکام میوه­ها و سبزیجات را بهبود می­بخشد.
2. ساختار سلولی و قدرت گیاه را بهبود می­بخشد.
3. عملکرد و ماندگاری را افزایش می­دهد.
4. دسترسی سریع و طولانی مدت گوگرد را فراهم می­کند.
5. در دسترس بودن و جذب فسفر و ریز مغذی­ها توسط گیاه را بهبود می­بخشد.
6. خاک را به گونه­ای تنظیم می­کند که آب بهتر نفوذ کند.
7. نمک­های مضر مانند سدیم را از بین می­برد.

در تیمار سوم، سولوپتاس تیمار یک نصف شده (75 کیلودر هکتار) و به جای آن 100 لیتر تیوسولفات پتاسیم (KTS) (K2S2O3) جایگزین خواهد شد که این کود نیز طبق دستورالعمل شرکت سازنده کود 50 لیتر در هکتار در اواخر اردیبهشت و 50 لیتر نیز در اواخر خرداد از طریق تانک کود-آبیاری در خاک تزریق خواهد شد.

KTS یک محلول مایع شفاف با پایه خنثی، بدون کلرید، حاوی 25% پتاس (K2O w/w) و 17% گوگرد (Sw/w) با چگالی 49/1-45/1 است. که طبق ادعای شرکت تولید کننده مزایای زیر را دارد.

1. منبع مایع بسیار کارآمد پتاسیم و گوگرد بدون کلرید و نیترات.
2. جذب پتاسیم آن در مقایسه با کودهای پتاسیم معمولی حداقل 30 درصد بیشتر است.
3. عملکرد، کیفیت و ماندگاری محصول را افزایش می دهد.
4. دسترسی سریع و طولانی مدت گوگرد را فراهم می کند.
5. در دسترس بودن و جذب فسفر و ریز مغذی ها توسط گیاه را بهبود می بخشد.
6. مقاومت محصول را در برابر تنش های محیطی افزایش می دهد.

در تیمار چهارم نیز تیوسولفات کلسیم(CaTs) جایگزین نیترات پتاسیم کلسیم تیمار یک شده و سولوپتاس تیمار یک نصف شده (75 کیلودر هکتار) و به جای آن 100 لیتر تیوسولفات پتاسیم (KTS) جایگزین خواهد شد که طبق دستورالعمل تیمارهای دو و سه اعمال خواهد شد. خلاصه تیمارها به ترتیب زیر می‌باشد.

T1 (شاهد) = نیترات پتاسیم کلسیم 50 kg/ha + sop 50 kg/ha + سولوپتاس 150 kg/ha + کود کامل پتاس بالا 5/7L/ha

T2= CaTs100 L/ha + sop 50 kg/ha + سولوپتاس 150 kg/ha + کود کامل پتاس بالا 5/7 L/ha

T3= نیترات پتاسیم کلسیم 50 kg/ha + sop 50 kg/ha + سولوپتاس 75 kg/ha + KTS 100 L/ha+ کود کامل پتاس بالا 7.5 L/ha

T4= CaTs100 L/ha + sop 50 kg/ha + سولوپتاس 75 kg/ha + KTS 100 L/ha+ کود کامل پتاس بالا 5/7 L/ha

کودهای CaTs و KTS تولیدی شرکت تسندرلو (Tessenderlo کودهای CaTs و KTS) بلژیک می‌باشد که دارای بنیان‌های تیوسولفات (S2O3) بوده و به ادعای شرکت مذکور بهتر از کودهای با بنیان‌های ‌سولفات (SO4) می باشد. لذا در این تحقیق صحت ادعای تولید کنند مورد ارزیابی قرار می گیرد.

**3-4- صفات مورد ارزیابی**

تجزیه برگ تیمارهای مختلف اعمال شده در طول تابستان انجام گرفت. در مهر ماه، بعد از مشاهده علائم رسیدگی (ترک پوست سبز گردو ها) از هر درخت 20 عدد میوه برداشت شده و جهت انجام آنالیز­های کیفی مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. آنالیز­های عناصر غذایی بافت میوه با همکاری آزمایشگاه گروه خاکشناسی و آنالیز­های کیفی مربوط به خصوصیات بیو­شیمیایی و فیزیکی میوه در گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان انجام شد. متغیرهای اندازه‌­گیری شده شامل: مشخصات فیزیکی میوه با پوست سبز و چوبی و بدون پوست، وزن میوه با پوست سبز و بدون پوست سبز، طول میوه، عرض شکمی و جانبی میوه ، ضخامت پوست چوبی، ضخامت پوست سبز، وزن خشک میوه، وزن مغز،‌ درصد مغز ، رنگ مغز بر اساس دیسکریپتور UPOV، و ترکیبات شیمیایی مغز (چربی، پروتئین، ترکیبات فنول کل) اندازه گیری شد. به علاوه میزان عملکرد از طریق حاصل ضرب میانگین وزن میوه هر درخت در تعداد میوه آن به دست آمد.

**5-3- روش اندازه­گیری صفات کمی مورد بررسی**

**3-5-1- وزن تر**

وزن تر برای هر کدام از تیمار­ها به طور جداگانه از هر 4 تیمار 10 گردو به طور تصادفی انتخاب و توسط ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی اندازه گیری شد.

**3-5-2- وزن خشک**

وزن خشک ­برای هر کدام از تیمار­ها به طور جداگانه از هر ­4 تیمار 10 گردو به طور تصادفی انتخاب و توسط ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی با حساسیت هزارم گرم وزن و نتایج بر جسب گرم بیان شد (Melgarejo *et al*., 2000).

**3-5-3- نسبت وزنی مغز به میوه و عملکرد در شاخه**

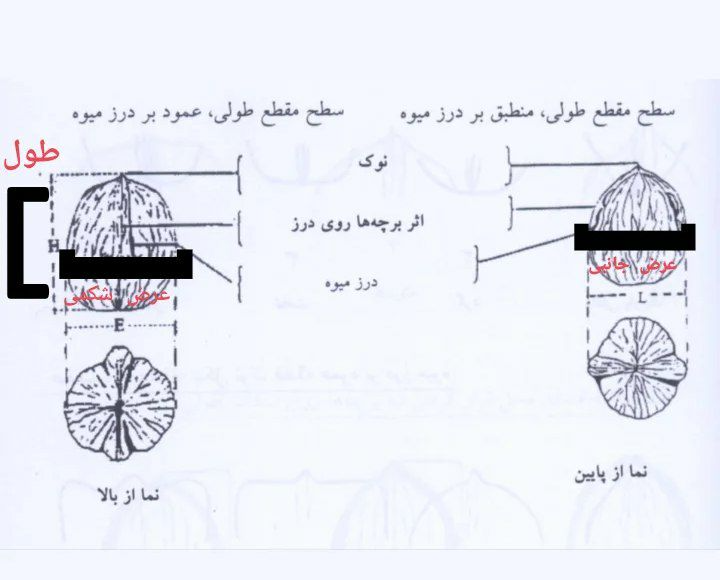
نسبت وزن 10عدد مغز خشک به 10 عدد میوه خشک از هر تکرار اندازه گیری شد.

(رابطه 3-1)

عملکرد به صورت وزن خشک میوه های پوست گیری شده و خشک شده در شاخه محاسبه و بر حسب گرم در شاخه در نتایج ارائه گردید.

**3-5-4- طول،عرض،ضخامت میوه و پوست چوبی**

برای اندازه گیری ابعاد اصلی میوه ­­و ضخامت پوسته سبز از یک کولیس دیجیتالی (مدلZ22855) با دقت 100/0 میلی متر استفاده شد. ابعاد اصلی شامل طول [[58]](#footnote-58)(L) ، عرض [[59]](#footnote-59)(w) و ضخامت [[60]](#footnote-60)(T) بوده است.



شکل 3-4- مقطع طولی، عرض شکمی و جانبی گردو (Ercisli et al., 2012)

**5-5-3- شاخص شکل میوه**

شاخص شکل میوه با استفاده از فرمول زیر بدست آمد.

(رابطه 3-2)

**6-3- بررسی خصوصیات بیو شیمیایی**

**1-6-3- ماده خشک(DM)**

ابتدا نمونه‌ها وزن شده و به مدت 48 ساعت در دمای 65 درجه نگهداری شده و سپس دوباره وزن می­شود و ماده خشک به دست می-آید.

2-6-3-خاکستر (Ash)

خاکستر مواد باقیمانده­ای است که بعد از سوختن کامل نمونه خوراکی بدست آید. در طی فرآیند سوختن مواد آلی اکسید شده (سوخته) و مواد معدنی باقی می­ماند. نمونه­ها را ابتدا با گذاشتن روی شعله گاز می سوازنیم تا زمانی که دیگر دودی خارج نشود. سپس بوته چینی حاوی نمونه را داخل کوره با دمای °c500 به مدت6\_5 ساعت گذاشته تا کلیه مواد آلی آن سوخته و از بین برود و باقیمانده همان مواد معدنی خواهد بود.

**3-6-3- اندازه گیری چربی خام به روش سوکسوله (EE)**

برای اندازه گیری چربی خام از دستگاه سوکسوله استفاده شد. برای استخراج چربی از حلال­هایاتراکسید، پترولیوم اتر و N هگزان استفاده شد. نمونه مورد آزمایش حداقل بین 11-8 ساعت در معرض این حلال­ها قرار گرفته تا چربی آنها استخراج شود.

**4-6-3-اندازه گیری فیبر یا الیاف خام (CF)**

الیاف خام بخشی از کل کربوهیدارت است که بعد از جوشاندن با اسید رقیق شده ( اسید سولفوریک 25/1%) و باز رقیق شده (سود 25/1%) که هر کدام از این مراحل نیم ساعت می باشد، هضم شده و بعد از صاف کردن مواد غیر محلول به عنوان فیبر خام محاسبه می‌گردد. برای اندازه گیری الیاف خام از نمونه فاقد چربی استفاده می‌شود. الیاف خام متشکل از سلولز، همی سلولز­و لیگینین می باشد.

**5-6-3- اندازه گیری پروتئین­خام به روش استاندارد کجدال (CP)**

دراندازه گیری پروتئین خام، ازت آلی نمونه سنجش می شود و چون پروتئین دارای 16 درصد ازت آلی است. برای تبدیل ازت آلی به پروتئین مقدار ازت اندازه گیری شده را در 6/25= ضرب کرده و مقدارپروتئین خام بدست می‌آید.

اساس آزمایش: نمونه کاملا آسیاب شده را با اسیدسولفوریک غلیظ وهمراه با کاتالیزور حدود 4-3 ساعت حرارت داده شد تا نمونه کاملا هضم شده و محلول شفاف رنگی بدست بیاید. در اثرهضم ازت آلی تبدیل به سولفات آمونیوم می شود. در دومین مرحله که تقطیر است با اضافه کردن سود یون آمونیاک آزاد شده در محلول اسید بوریک جذب می­‌شود و بورات آمونیوم تشکیل می‌شود. در مرحله سوم که تیتراسیون است بورات آمونیوم با اسید استاندارد تیتر شده و مقدار ازت آلی به دست می­آید.

**6-6-3- فنول کل میوه**

محتوای فنول کل(TPC) با استفاده از معرف فولین سیوکالتو (Folin-Ciocalteau) اندازه گیری شد. برای این منظور 1/0 میلی لیتر از نمونه­های رقیق شده همراه 2 میلی لیتر Na2 CO3 دو درصد در لوله آزمایش ریخته شد و به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس 1/0 میلی لیتر از واکنش­گر فولین سیوکالتو 50% به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت 30 دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری و سپس میزان جذب آن در طول موج 720 نانومتر خوانده شد. برای بدست آوردن منحنی کالیبراسیون از اسیدگالیک به عنوان استاندارد استفاده شد. به طوری که غلظت­های

شکل 3-5- معادله‌ی خطی جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد گالیک اسید

مختلف آن به جای نمونه­ها ریخته و میزان جذب آنها در طول موج 720 نانومتر خوانده شد و منحنی استاندارد براساس میزان جذب درغلظت ­های مشخص رسم گردید.

**3-6-7-** **فلاونوئید کل میوه**

میزان فلاونوئید کل (TFC)عصاره­ها با روش کاجو و همکاران (2006) اندازه­گیری شد. بر روی 250 میکرو­لیتر از نمونه، 75 میکرولیترNaNO2  (5%) و 150 میکرولیتر AlCl3 (10%)، 500 میکرولیتر NaOH یک مولار اضافه شد و با افزودن آب مقطر به حجم 5/2 میلی لیتر رسانده شد جذب محلول پس از پنج دقیقه در طول موج 507 نانومتر خوانده شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد و منحنی بر اساس میزان جذب در غلظت­های مشخص رسم گردید.

شکل 3-6- معادله‌ی خطی جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد کوئرسیتین

**8-6-3- ظرفیت آنتی­اکسیدانی میوه**

ابتدا محلول 1/0 میلی مولار از DPPHتهیه شد. سپس به 50 میکرو­لیتر از عصاره، 950 میکرو­لیتر DPPH اضافه شد. به طوری که حجم نهایی یک میلی­لیتر شد. جذب آن بعد از 15 دقیقه در طول موج 517 نانومتر خوانده شد. برای مقایسه جذب نمونه­ها از محلول DPPH بدون عصاره به عنوان شاهد استفاده گردید. محلول DPPH بدون عصاره در این مدت بدون تغییر رنگ باقی ماند، ولی رنگ محلول DPPH حاوی عصاره گیاهی به مرور زمان کم شد و مقدار جذب آن در مقایسه با محلول DPPH کاهش می­یابد. هر اندازه قدرت آنتی­اکسیدانی عصاره­ها بیشتر باشد کاهش رنگ نیز بیشتر خواهد بود. فعالیت جمع­آوری رادیکال بر اساس درصد رادیکال جمع آوری شده DPPH با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

RSA = ×100 (درصد رادیکال‌های آزاد جمع آوری شده)

(رابطه 3-3)

As: جذب نمونه حاوی عصاره

Ac: جذب شاهد

**7-3- عناصر غذایی**

برای اندازه گیری عناصر غذایی از دو روش هضم به روش مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسلیک و هضم به روش سوزاندن خشکو ترکیب باHCl جهت تهیه عصاره استفاده شد.

هضم به روش مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک

نمونه در مجاورت با اسید سولفوریک غلیظ آب خود را از دست می­دهد و بیش­ترین قسمت مواد آلی در حرارت نسبتا بالا اکسیده می­شود عمل هضم با وجود آب اکسیژنه در حرارت بالا کامل می­شود. اضافه کردن اسید سالیسیلیک برای انجام عمل احیای نیترات است.

دامنه کاربرد

عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه­گیری عناصر غذایی ازت کل، کلسیم، منیزیم، منگنز، سدیم، پتاسیم و فسفر برگ و سلنیم برگ و میوه استفاده شد. مخلوط اسید­ها: 18 میلی­لیتر آب مقطر داخل ارلن 250 ریخته و مقدار 100میلی­لیتر اسید سولفوریک غلیظ (96%) را به دفعات و در حجم­های کم به آن اضافه، سپس 6 گرم اسید سالیسیلیک را به محلول اضافه و با کمک مگنت حل شد. 3/0 گرم از نمونه برگ آسیاب شده را وزن کرده داخل بالن هضم 50 میلی­لیتری ریخته و به آن 5/2 میلی­لیتر اسید­ها اضافه شد. نمونه برای یک شب رها شد. سپس نمونه روی هیتری که دمای آن قبلا به 120 درجه سانتی­گرار رسیده است به مدت 1 ساعت قرار داده شد. نمونه از روی هیتر پایین آورده در دمای هیتر در 350 درجه سانتی­گراد تنظیم شد. پس از خنک شدن به هر نمونه حدود 5/0 میلی­لیترآب اکسیژنه اضافه شد و مجددا روی هیتر قرار داده شد. پس از 7 دقیقه نمونه از روی هیتر پایین آورده شد و بعد از خنک شدن آن، 5/0 سی سی آب اکسیژنه به آن اضافه شد و این عمل تا جایی که نمونه بی­رنگ شود ادامه یافت و پس از خنک شدن به یک بالن حجم سنجی 50 منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد (Simonne *et al*., 1993)

**هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl**

اساس کار این روش به این صورت است که مواد آلی گیاه با حرارت کنترل شده از بین می رود، چون در درجه حرارت بالا کلیه ترکیبات ازت دار بصورت گاز خارج می شود در عمل سوزاندن گیاه امکان دارد قسمتی از عناصر گوگرد، فلئور کلر و فسفر به صورت بخار در آمده و از دست برود جهت جلوگیری از خروج این عناصر از روش های خاصی استفاده می شود.

دامنه کاربرد

عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه گیری عناصر غذایی روی، مس،آهن­ و بر در اجزاءگیاه و کود آلی به کار می­رود. 1 گرم نمونه گیاه خشک شده را با دقت 001/0 گرم توزین و در کروزه چینی ریخته و در کوره با حرارت معمولی قرار می دهیم. درجه حرارت­کوره را به تدریج بالا برده( ابتدا روی 150 درجه قرار داده تا دمای کوره به آن برسد سپس به 350 و در نهایت دما را به 550 درجه سانتی گراد می رسانیم) 4 الی5 ساعت در این حرارت نگه می داریم. سپس کوره را خاموش کرده و پس از خنک شدن، کروزه ها را از کوره خارج می کنیم. در این مرحله خاکستر ها را با چند قطره آب مقطر خیس کرده و 5 میلی متر اسید کلریک 2 مولار به آن اضافه می کنیم. یک کروزه حاوی 5 میلی لیتر اسید را به عنوان بلانک در نظر ای گیریم. پس از انجام فعل انفعالات، کروزه ها را روی حمام بن ماری با دمای 80 درجه سانتی گراد قرار می دهیم. بعد از یک ساعت محتویات کروزه را به وسیله یک قیف در یک بالن 50 ریخته و پس از شستن قیف و کروزه بالن به حجم رسانده شد. محتویات بالن از کاغذ صافی عبور داده شد و عصاره بدست آمده جهت قرائت عناصر آماده می باشد.

**1-7-3- نیتروژن**

جهت اندازه­گیری مقدار نیتروژن مغز گردو محلول های مورد نظر آماده شد.

1. محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) به غلظت 5/12 مول در لیتر: 250 گرم از هیدروکسید سدیم را در 400 میلی­لیتر آب حل کرده و بعد از خنک شدن به حجم 500 میلی­لیتر رسانده شد.
2. اسید بوریک (H3BO3): میزان 10 گرم از اسید بوریک را در یک لیتر آب حل شد.

توسط دستگاه کجلدال تقطیر انجام گرفت و میزان درصد نیتروژن در نمونه خشگ گیاهی از فرمول زیر محاسبه شد. (امامی، 1375).

0.56 × t × (a-b) × × = درصد نیتروژن

(رابطه 3-4)

که در آن:

:tغلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون بر حسب مول در لیتر

:b میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب میلی­لیتر

:w وزن نمونه گیاه جهت هضم بر حسب گرم

:a میزان اسید مصرفی جهت هضم نمونه بر حسب میلی­لیتر

:v حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب میلی­لیتر

:D.M درصد ماده خشک گیاه

**2-7-3- فسفر**

فسفر مغز گردو به روش کالریمتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت انگلیس در طول موج 470 اندازه گیری شد و بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم بیان شد (امامی،1375).

P=(A-B) × V×5× 100/W×D.M ×10000

(رابطه 3-5)

که در آن:

=W وزن نمونه گیاه خشک مورد استفاده جهت هضم بر حسب گرم

=B غلظت فسفر در شاهد بر حسب میلی گرم در لیتر

=A غلظت فسفر در نمونه بر حسب میلی گرم در لیتر

=V حجم نهایی عصاره در مرحله هضم بر حسب میلی لیتر

=D.Mدرصد ماده خشک

**3-7-3- پتاسیم**

اندازه­گیری درصد پتاسیم توسط دستگاه فیلم فتو­متر (مدل Jenway PFP7 ساخت انگلستان) انجام شد. برای محاسبه پتاسیم به درصد از رابطه زیر استفاده می-شود (امامی، 1375).

%K=(a-b) ×V×c× ×1000×W

(رابطه 3-6)

b: عدد به دست آمده از نمودار برای شاهد بر حسب میلی­لیتر

a: عدد به دست آمده از نمودار بر حسب میلی­گرم در لیتر

:Wوزن نمونه گیاه بر حسب گرم

:Vحجم عصاره حاصل از هضم بر حسب میلی­لیتر

:Cرقت نمونه

:D.Mدرصد ماده خشگ گیاه

**4-7-3- کلسیم**

اندازه گیری درصد کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام شد. روش کار به این ترتیب صورت گرفت که یک میلی لیتر از عصاره نمونه ها و شاهد گرفته شد و به نسبت 9+1 با آب مقطر رقیق شد. سپس با میکرو پی پت 25/0 میلی لیتر از عصاره رقیق شده به لوله آزمایش منتقل شد و­میزان 75/4 میلی لیتر از محلول نیترات لانتانوم حاوی یک گرم در لیتر لانتانوم، به آن اضافه شد. از این عصاره برای اندازه گیری میزان جذب کلسیم ( در طول موج 7/422 نانو متر) استفاده و مقدار آن بر حسب میلی گرم بر کیلو گرم بیان شد (1982Perkin,).

**5-7-3- آهن**

برای اندازه گیری عنصر آهن از روش جذب اتمی شعله ای و دستگاه فیلم اسپکترومتری اتمیک استفاده شد. در این روش ابتدا دستگاه تنظیم و توسط استاندارد­ها کالیبره شد سپس عصاره نمونه ها به کمک یک لوله ظریف پلاستیکی به داخل دستگاه مکیده شد که پس از وارد شدن، محلول به صورت پودر در آمده و به درون یک شعله پاشیده شد. نمونه استاندارد، شاهد وعصاره با شعله آبی استلین-هوا ابری شده و سپس به صورت بخاری از اتم های تشکیل دهنده تبدیل می شود. هر چه بخار ایجاد شده در شعله غلیظ­ تر باشد میزان نور جذب شده توسط شعله بیش تر خواهد بود. دستگاه دارای یک منبع تولید کننده نور می باشد که این نور توسط لامپ های هالو کاتدی ممکن است تنها برای اندازه گیری یک عنصر به کار روند یا ممکن است چند منظوره باشند و برای چند عنصر استفاده شود. نور تولید شده توسط لامپ مستقیما از وسط شعله می گذرد و با اتم های عنصر مورد اندازه گیری بر خورد می کند. هنگام برخورد مقداری از آن جذب و مقداری از شعله گذشته و وارد دستگاه می شود. هر چه ابر ایجاد شده در شعله غلیظ تر­و تعداد اتم های عنصر مورد اندازه گیری بیش تر باشد مقدار بیشتری از نور تولید شده توسط دستگاه جذی می شود. این دستگاه غلظت عصاره را در حد ppm گزارش می دهد. میزان جذب آهن در طول موج3/248 نانو­متر، توسط جذب اتمی مدل CTA-2000 A.AS قرائت و غلظت عناصر در نمونه­ها محاسبه­و بر حسب میلی گرم در کیلو گرم ماده خشک بیان شد (1982 ،. (Perkin

**8-3-مراحل اندازه گیری اسید های چرب**

ابتدا یگ گرم از نمونه را در ازت مایع می­کوبیم. بعد مقدار 5/0 تا 1 گرم در لوله آزمایش وزن کزده و مقدار 15 سی سی از مخلوط دو حلال کلروفرم و متانل با نسبت 2:1 (10 سی سی کلرو فرم 5 سی سی متانل) به آن اضافه می­کنیم در لوله را بسته و مخلوط را شیک کرده به مدت یک شب در یخچال قرار می­دهیم بعد از گذشت زمان فوق 5 سی سی آب مقطر به لوله اضافه کرده و شیک می­کنیم حال لوله را در رک قرار داده تا مخلوط سه فاز شود. سپس فاز بالایی را جدا کرده و دور می­ریزیم باقی مانده را در قیف دکانتور (قیف جدا­کننده) زیخته و فاز زیرین را به لوله آزمایش تمیز انتقال داده و در زیر هود آزمایشگاهی حلال پرانی می-کنیم در نهایت روغن استخراج شده بدست می آید.

مقدار 5 سی سی سود متانلی 2 درصد به چربی داخل لوله اضافه کرده در لوله بسته و در داخل حمام آبجوش به مدت 10 دقیقه قرارداده می شود (برای تهیه سود متانلی 2 درصد؛ مقدار 2 گرم سود را با متانل به حجم 100 سی سی رسانده می شود).

در صورت نیاز که غلظت اسید چرب اندازه گیری شود از روش اینترنال استاندارد در همین مرحله باید یک سی سی از محلول اینترنال استاندارد با غلظت 2 میلی گرم بر میلی لیتر به لوله آزمایش اضافه می‌شد ( مقدار 002/0 گرم از اینتر­نال استاندارد مورد نظر به حجم یک میلی لیتر حلال هگزان نرمال).

بعد از گذشت زمان فوق لوله را از حمام آبجوش به آرامی خارج کرده و اجازه داده می‌شود خنک شود بعد در لوله را باز کرده­و مقدار 2.175175/2 سی سی محلول برن تری فلورید متانل 20 درصد (BF3 20%) به آن اضافه کرده و بعد از بستن در لوله، داخل حمام آب جوش به مدت 3 دقیقه قرار می گیرد.

بعد از گذشت زمان فوق و در آوردن لوله و خنک شدن مقدار یک سی سی هگزان نرمال به لوله اضافه کرده و به خوبی تکان داده می شود.

حال مقدار یک سی سی محلول نمک اشباء ( 30 گرم NaCl که با آب مقطر به حجم 100 سی سی رسانده شده است) به آن اضافه کرده و شیک می شود.

لوله را در رک گذاشته تا محلول داخل آن دو فاز شود. فاز بالایی را با دقت جدا کرده بصورتی که از فاز پایین هیچ مقدار برداشته نشود. حال محلول بدست آمده را به یک فالکون 5/1 سی سی انتقال داده­و از این مقدار 2/0 میکرو لیتر به دستگاه GC تزریق شد.

**9-3- طرح آزمایشی مورد استفاده**

آزمایش در قالب طرح بلوک­های کامل تصادفی، با سه تکرار و 5 درخت در هر واحد آزمایشی اجرا شد که اطلاعات مربوط به خصوصیات میوه و عملکرد بر روی تمامی درختان یاداشت برداری شد ولی اندازه گیری خصوصیات بیوشیمایی و عناصر غذایی فقط با سه تکرار و بدون خطای نمونه برداری انجام گردید

داده های به دست آمده ابتدا در نرم افزار اکسل (Excel) مرتب شد. تجزیه واریانس داده­ها پس از کنترل مفروضات (شامل نرمال بودن خطای آزمایشی) با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.0 انجام شده و مقایسه بین میانگین­ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام گرفت. نمودار­ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

**فصل چهارم**

**نتایج و بحث**

**1-4- تیمارها بر روی غلظت عناصر برگ و میوه**

**1-1-4- عناصر مختلف در برگ**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥P) بر میزان نیتروژن، فسفر، آهن، روی، مس، منگنز و بور برگ گردو معنی‌دار بود (جدول4-1). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد (5 %≥P) بر میزان پتاسیم برگ گردو معنی‌دار بود ولی اثر تیمارها بر میزان منیزیم برگ گردو معنی‌دار نبود (جدول 4-1).

جدول 4-1- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر برگ گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | میانگین مربعات | | | |  | |  | |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | | منیزیم | | آهن |
| بلوک | 2 | | 016/0 | 001/0 | 019/0 | | 001/0 | | 8/20 |
| تیمار | 3 | | \*\*03/1 | \*\*008/0 | \*108/0 | | ns005/0 | | \*\*2/1977 |
| اشتباه آزمایشی | 6 | | 038/0 | 001/0 | 021/0 | | 002/0 | | 02/35 |
| ضریب تغییرات % |  | | 7/1 | 5/1 | 1/1 | | 4/2 | | 6/2 |

\*\*، \*،ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

ادامه جدول 4-1- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر برگ گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | میانگین مربعات | | | | |  | |  | |
| منابع تغییرات | | درجه آزادی | روی | مس | منگنز | | بور | |
| بلوک | | 2 | 7/2 | 01/13 | 3/41 | | 2/66 | |
| تیمار | | 3 | \*\*1/776 | \*\*5/610 | \*\*8/5982 | | \*\*9/1297 | |
| اشتباه آزمایشی | | 6 | 9/8 | 5/4 | 5/117 | | 07/119 | |
| ضریب تغییرات % | |  | 2/8 | 2/11 | 3/3 | | 4/6 | |

\*\*، \*،ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین تجزیه عناصر برگ نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم، کلسیم بیشترین تاثیر را در افزایش میزان نیتروژن برگ گردو (با میانگین 09/4 %) داشته است. کمترین میزان نیتروژن برگ در شاهد با میانگین 4/3 درصد مشاهده شد. بیشترین میزان فسفر و پتاسیم (2/0 و 5/1 درصد) در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم، کلسیم مشاهده شد و کمترین میزان فسفر و پتاسیم (09/0 و 2/1 درصد) در تیمار تیوسولفات پتاسیم مشاهده شد. بیشترین میزان آهن در تیمار تیوسولفات پتاسیم (39/0 درصد) مشاهده شد و کمترین میزان آهن در تیمار تیوسولفات کلسیم و تیمار ترکیبی تیوسلفات پتاسیم و کلسیم (34/0 درصد) مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان روی برگ در شاهد (1/80 درصد) و کمترین میزان روی در تیمار تیوسلفات پتاسیم و کلسیم (41 درصد) مشاهده شد. بیشترین میزان بور در شاهد (6/123 درصد) و کمترین میزان بور در تیمار تیوسولفات کلسیم (79/0 درصد) مشاهده شد (جدول 4-2).

جدول 4-2- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی عناصر برگ گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| تیمار | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | منیزیم | آهن | روی | مس | منگنز | بور |
| Control | c4/3 | a19/0 | b2/1 | a39/0 | a38/0 | a01/80 | a1/60 | a39/0 | a6/123 |
| CaTs | b7/2 | b09/0 | b2/1 | a49/0 | b34/0 | b5/62 | b5/49 | a49/0 | b79/0 |
| KTS | ab7/3 | a19/0 | a5/1 | a42/0 | a39/0 | b3/65 | c5/32 | a42/0 | a119 |
| CaTs+KTS | a09/4 | a2/0 | a5/1 | a41/0 | b34/0 | c41 | c5/30 | a41/0 | a3/118 |

مصرف کودهای گوگرددار در خاکهای آهکی با کاهش pH موجب جذب اکثر عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف در برگ گیاه می­شود. گزارش شده است خاک‌هایی که میزان کلسیم بیشتری دارند، جذب عناصر غذایی کم مصرف و فسفر با مشکل مواجه می­شود. در این مطالعه میزان پتاسیم و نیتروژن با مصرف کودهای تیوسولفات پتاسیم و کلسیم افزایش یافته است و جذب بقیه عناصر در برگ شاهد بیشتر از تیمارها بوده است که نشان دهنده وجود آهک کم در خاک باغ مورد مطالعه می­باشد.

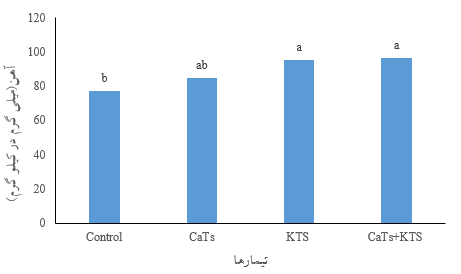
**2-1-4- عناصر مختلف موجود در میوه گردو (نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، آهن)**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥) بر فسفر و پتاسیم میوه گردو معنی‌دار بود (جدول4-3). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد (5%≥) بر آهن میوه گردو معنی‌دار بود ولی اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر میزان نیتروژن و کلسیم میوه گردو معنی­دار نبود (جدول 4-3). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان آهن، فسفر و پتاسیم (5/96، 51/0 و 50/0 درصد) در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم کلسیم مشاهده شد. مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش میزان آهن، پتاسیم و فسفر میوه گردو شد (شکل 4-1). کمترین میزان آهن، پتاسیم و فسفر در شاهد (2/77 میلی گرم، 42/0 و 44/0 درصد) مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم با میانگین 5/96 میلی گرم موجب افزایش آهن میوه گردو شد(شکل 4-1)

جدول 4-3- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر میزان عناصر شیمیایی میوه گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | میانگین مربعات | | | | |  | | |  |
| منابع تغییرات | | درجه آزادی | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | | کلسیم | آهن | | |
| بلوک | | 2 | 026/0 | 001/0 | 003/0 | | 3/3 | 19/63 | | |
| تیمار | | 3 | ns030/0 | \*\*003/0 | \*\*006/0 | | ns001/0 | \*75/262 | | |
| اشتباه آزمایشی | | 6 | 01/0 | 001/0 | 021/0 | | 001/0 | 02/35 | | |
| ضریب تغییرات % | |  | 7/3 | 2/1 | 1/1 | | 6/1 | 3/2 | | |

\*\*، \*،ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و غیرمعنی‌دار



شکل 4-1- اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر آهن پتاسیم و فسفر میوه گردو (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

،

در این مطالعه مصرف تیوسولفات پتاسیم و کلسیم با کاهش pH موجب افزایش جذب آهن در میوه گردو شده است. تیمارهای تیوسولفات پتاسیم و کلسیم تاثیرچندانی در افزایش میزان کلسیم، فسفر، پتاسیم و نیتروژن نسبت به شاهد نداشته است. گوگرد یکی از عناصر پرمصرف و ضروری در گیاهان است که با کاهش pH موجب اصلاح خاک و افزایش جذب عناصری مانند آهن و روی در گیاهان می­شود (کریمی نیا، 1376). به نظر می رسد با توجه به این که میزان گوگرد در کود های با بنیان تیو سولفات دو برابر کودهای با بنیان سولفات می باشد کاربرد کودهای شیمیایی با بنیان تیوسولفات ها، نقش موثرتری در جذب عناصر کم مصرف از قبیل آهن خواهد داشت. و با توجه به آهکی بودن خاک های کشور ما، کاربرد این نوع کودها می تواند نقش موثرتری در کارایی جذب عناصر در باغات گردو داشته باشد.

**2-4- تاثیر تیمارها بر روی خصوصیات میوه**

**1-2-4**-**طول، عرض شکمی و جانبی میوه گردو**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥P) بر عرض شکمی میوه گردو معنی‌دار بود (جدول4-4). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد بر طول و عرض جانبی میوه گردو معنی‌دار بود اما اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر قطر تنه، ضخامت پوست سبز و ضخامت پوست چوبی معنی دار به دست نیامد (جدول 4-4).

جدول 4-4- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی میوه و درخت گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | میانگین مربعات | | | | | | | |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | | عرض شکمی | عرض جانبی | قطر تنه | ضخامت پوست سبز | ضخامت پوست چوبی | ماده خشک |
| بلوک | 2 | | 52/5 | 8/4 | 3/1 | 54/1 | 40/0 | 3/1 |
| تیمار | 3 | | \*\*48/7 | \*2/4 | ns7/32 | ns21/0 | ns27/0 | \*\*19/19 |
| اشتباه آزمایشی | 12 | | 38/0 | 37/1 | 01/10 | 34/0 | 60/0 | 77/1 |
| ضریب تغییرات % |  | | 4/2 | 2/5 | 8/1 | 3/1 | 4/3 | 4/12 |

\*\*، \*،ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش طول، عرض شکمی و عرض جانبی میوه گردو شدند (شکل 4-2). بیشترین میزان طول میوه،عرض شکمی و عرض جانبی در تیمار تیوسولفات پتاسیم و کلسیم به تریتیب با میانگین های 1/48 ، 1/46 و 4/46 میلیمتر مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (8/9، 9/8 و 4/6 درصد) موجب افزایش طول، عرض شکمی و جانبی میوه گردو نسبت به شاهد شدند. کمترین میزان طول، عرض شکمی و عرض جانبی 0(8/43، 3/42 و 6/43 میلیمتر) در شاهد مشاهده شد. اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم از نظر میزان طول و عرض جانبی میوه گردو مشاهده نشد.(شکل 4-2).

شکل 4-2- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر طول، عرض شکمی و جانبی میوه گردو (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

کلسیم و پتاسیم در فرآیند رشد میوه نقش مهمی دارند. پتاسیم از طریق افزایش میزان تنظیم کننده­های رشد گیاهی و افزایش تقسیم سلولی موجب افزایش طول و عرض میوه می­شود (Lalonde *et al*., 2003). پتاسیم به طور معنی داری موجب افزایش طول و عرض میوه زیتون شده است (Hegazi *et al*., 2011) که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. کلسیم به همراه پتاسیم با افزایش تقسیم سلولی و جلوگیری از انتشار آب به خارج از سلول موجب افزایش طول و عرض سلول و رشد سلول شده اند Sharafzadeh *et al*., 2008)؛Marshner, 2012). یون­های سولفات نقش مهمی در افزایش فعالیت فتوسنتزی و ساخت پروتئین­ها دارند و موجب افزایش اثر پتاسیم و کلسیم در افزایش رشد میوه و افزایش طول و عرض میوه می­شوند Solhjo, 2015)).

**3-4- تاثیر تیمارها بر روی عملکرد و کارایی عمکلرد**

**1-3-4-وزن تر و خشک مغز گردو**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥P) بر وزن خشک مغز میوه و عملکرد گردو معنی‌دار بود (جدول 4-5). اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد (5%≥P) بر وزن تر و ذرصد مغز میوه گردو معنی‌دار بود (جدول 4-5). مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش وزن تر و خشک مغز گردو شدند (شکل 4-3). بیشترین میانگین وزن تر مغز گردو در (5/8 گرم) و وزن خشک مغز گردو (5/6 گرم) در تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم پتاسیم مشاهده شد (شکل 4-3). بیشترین میانگین درصد مغز گردو در (1/49 درصد) در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم مشاهده شد. کمترین میزان وزن تر و خشک (7 و 5/5 گرم) در شاهد مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم (27/6 درصد) موجب افزایش درصد مغز گردو شد. اختلاف معنی­داری بین تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به تنهایی از نظر میزان وزن تر و خشک مغز گردو مشاهده نشد (شکل 4-4). بیشترین میزان عملکرد در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم کلسیم (185 گرم) و کمترین میزان عملکرد در شاخه در شاهد (125 گرم) مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم کلسیم به طور معنی داری موجب افزایش عملکرد گردو رقم چندلر شدند.

شکل 4-3- اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر وزن تر میوه گردو رقم چندلر (CaTs: تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

شکل 4-4- اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر وزن خشک و درصد مغز میوه و عملکرذ گردو رقم چندلر (CaTs: تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

وزن تر یکی از مهمترین شاخص فیزیولوژیکی گیاه در شرایط وضعیت آبی گیاه، جذب عناصر غذایی و میزان فعایت فتوسنتزی محسوب می­شود. مصرف بهینه مواد غذایی برای افزایش عملکرد و کیفیت میوه بسیار ضروری است. پتاسیم و کلسیم با بهبود شرایط فیزیولوژیکی مانند محتوای نسبی آب (با فعال نمودن پمپ پروتونی غشا و کنترل حرکات روزنه ای) موجب افزایش رشد ریشه و توسعه سطح برگ شده و با افزایش سطح برگ میزان فعالیت فتوسنتزی و ماده سازی نیز افزایش یافته است. پتاسیم با کاهش میزان تنفس موجب افزایش ماده خشک و در نتیجه وزن تر و خشک گیاه می­شوند (Taiz and Zeiger. 2002). پتاسیم موجب افزایش وزن تر و خشک میوه زیتون Hegazi *et al*., 2011))، انگور (Zareei *et al*., 2013) شده است. پتاسیم با افزایش فتوسنتز، تشکیل و انتقال کربوهیدات، حفظ pH درون سلولی و جذب عناصر غذایی از خاک موجب افزایش وزن تر و خشک شده است Badawy *et al*., 2009)). جذب و انتقال مواد هیدروکربنی با افزایش میزان پتاسیم افزایش می­یابد Singh, 2002)).

کلسیم با افزایش رشد ریشه های موئین، تقسیم سلولی ریشه و افزایش طول ریشه موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی و آب به گیاه شده و موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه می­شود. همچنین کلسیم با افزایش انتقال کربوهیدرات از برگ‌ها به میوه موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه می­شود Al-Masudey, 2007) Al-Yousuf and). کلسیم موجب افزایش وزن تر و خشک عناب (Ghesmati *et al*., 2017) و انار Rouhi *et al*., 2015)) شده است.

جدول 4-5- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی میوه گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | |  | | میانگین مربعات | | | | | | | |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | | وزن تر با پوست | | وزن تر بدون پوست | وزن خشک | وزن تر مغز | وزن خشک مغز | درصد مغز | عملکرد |
| بلوک | 2 | | 4 | | 8/6 | 56/0 | 8/1 | 036/0 | 3/3 | 2/7 |
| تیمار | 3 | | \*5/12 | | \*\*1/31 | \*1/2 | \*4/1 | \*\*74/0 | \*2/7 | \*\*8/43 |
| اشتباه آزمایشی | 12 | | 5/1 | | 5/1 | 56/0 | 21/0 | 069/0 | 3/1 | 5/1 |
| ضریب تغییرات % |  | | 5/1 | | 2/3 | 61/0 | 3/1 | 5/2 | 7/6 | 2/2 |

\*\*، \*،ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و غیرمعنی‌دار

**2-3-4-وزن تر و خشک با پوست و بدون پوست سبز**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥P) بر وزن تر میوه بدون پوست سبز میوه گردو معنی‌دار بود نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک میوه بدون پوست سبز و وزن تر گردو با پوست سبز میوه گردو معنی‌دار بود (جدول 4-5). (جدول 4-5). مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش وزن تر و خشک میوه گردو بدون پوست سبز و با پوست شدند (شکل 4-5). بیشترین میزان وزن تر گردو با پوست سبز در تیمار تیوسولفات پتاسیم با میانگین 5/47 گرم و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد با میانگین 43 گرم مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (4/26 درصد) موجب افزایش وزن تر گردو بدون پوست سبز شدند. بیشترین میزان وزن خشک گردو بدون پوست سبز در ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم با میانگین 5/33 گرم مشاهده شد و کمترین در شاهد (5/26 گرم) مشاهده شد. تیمار تیوسولفات پتاسیم (6/22 درصد) موجب افزایش وزن خشک گردو بدون پوست سبز شدند. بیشترین میزان وزن خشک گردو بدون پوست در تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم با میانگین 14 گرم مشاهده شد و کمترین در شاهد (12 گرم) مشاهده شد.

شکل 4-5- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در مقایسه با شاهد بر وزن تر و خشک بدون پوست سبز میوه گردو رقم چندلر (CaTs : تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)،

**4-4 تاثیر تیمارها بر روی خصوصیات شیمیایی میوه ها**

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی میوه نشان داد که اثر تیمار تیوسولفات پتاسیم،، تیوسولفات کلسیم و تیوسولفات کلسیم به همراه تیوسولفات پتاسیم بر میزان فنول کل، چربی خام، فیبر و پروتئین میوه گردو در سطح احتمال 5 درصد (5% ≥P) معنی‌دار بود. هم چنین اثرات این تیمارها بر روی فلاونوئید کل و آنتی اکسیدان کل در سطح احتمال 1 درصد (1% ≥P) معنی دار به دست آمد اما اثر تیمار تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم بر میزان خاکستر میوه گردو معنی­دار نبود (جدول 4-6).

جدول 4-6- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| میانگین مربعات | | | | | | | |  | |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | فنول کل | فلاونوئیدکل | آنتی اکسیدان کل | چربی خام | فیبر | پروتئین | | ماده خشک | |
| بلوک | 2 | 3/4 | 52/13 | 08/4 | 1/4 | 51/3 | 58/1 | | 3/1 | |
| تیمار | 3 | \*4/321 | \*\*10/1171 | \*3/14 | \*3/14 | \*429/0 | \*58/91 | | \*\*19/19 | |
| اشتباه آزمایشی | 12 | 3/71 | 33/14 | 08/2 | 08/2 | 093/0 | 25/1 | | 77/1 | |
| ضریب تغییرات% |  | 42/9 | 12/3 | 5/2 | 1/2 | 98/8 | 47/17 | | 4/12 | |

\*\*، \*، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد را نشان می دهد.

**1-4-4-فنول و فلاونوئید کل**

نتایج مقایسه میانگین اثرات تیمارهای تیوسولفات پتاسیم و تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم تمامی تیمارها موجب افزایش میزان فنول و فلاونوئید کل میوه گردو نسبت به شاهد شدند. تیمارهای تیوسولفات پتاسیم و تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم به طور معنی‌داری موجب افزایش فنول و فلاونوئید کل میوه گردو شدند (شکل 4-1). به طوری که بیشترین میزان فنل کل و فلاونوئید کل در تیمارهای KTS و KTS+CaTS به ترتیب با میانگین‌های 9/656 و 7/657میلی گرم در صد گرم برای فنل کل 1/544 و 6/547 میلی گرم در صد گرم برای فلاونوئید کل به دست آمد. کمترین فنول کل (7/635 میلی گرم در 100 گرم وزن تر) و فلاونوئیدکل (1/532 میلیگرم در 100 گرم وزن تر) در شاهد مشاهده شد (شکل 4-6).

شکل 4-6- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر فنل و فلاونوئید کل میوه گردو رقم چندلر

**2-4-4-آنتی­اکسیدان کل**

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح یک موجب افزایش میزان آنتی­اکسیدان کل میوه گردو رقم چندلر شدند (جدول 4-6). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان آنتی اکسیدان کل (3/69 درصد) در تیمار تیوسولفات پتاسیم مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم نیز در افزایش میزان آنتی اکسیدان کل میوه گردو رقم چندلر موثر بود و میزان آنتی اکسیدان کل در تیمار تیوسولفات پتاسیم (68 درصد) مشاهده شد. کمترین میزان آنتی­اکسیدان کل در شاهد و تیمار تیوسولفات کلسیم و شاهد (با میانگین 65 درصد بر ای هر دو تیمار) مشاهده شد (شکل4-7).

شکل 4-7- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر آنتی اکسیدان کل میوه گردو رقم چندلر (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم و KTS: تیوسولفات پتاسیم)

گردو حاوی شکل­های مختلف مواد آنتی اکسیدانی مانند مواد فنولیک و توکوفرول است. یافته­ها نشان می دهند که بعد از خوردن گردو سطح گاما توکوفول در بدن دو برابر شده و سطح کلسترول حدود 33 درصد کاهش می­یابد (Stampar *et al*., 2006). ترکیبات فنولی یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان هستند و اغلب به‌صورت فلاونوئیدها، جینجرول‌ها[[61]](#footnote-61)، پلی فنولیک اسید یافت می‌شوند. آنها حاوی حلقه‌های معطر هستند که در فعالیت آنتی‌اکسیدانی نقش دارند. ترکیبات فنولی همچنین می‌توانند به رادیکال‌های آزاد اکسیژن آسیب برسانند و با اتصال به رادیکال‌های لیپیدی آلکوکسیل، پراکسیداسیون لیپیدی را مهار کنند. فلاونوئیدها همچنین توسط پراکسیداز اکسید می‌شوند و در تخریب پراکسیدهیدروژن نقش دارند (Sharma *et al*., 2013). میزان فنول و فلاونوئید گردو با تیمار تلفیقی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم به طور معنی‌داری افزایش یافته است. افزایش میزان مواد فنولی می‌تواند اثرات تنش های محیطی را کاهش دهد. تنش‌های محیطی در فرآیندهای بیوشیمیایی باعث افزایش بیوسنتز ترکیبات فنولی می‌شود (Keutgen and Pawel, 2009).

ترکیبات فنولی ممکن است فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود را به روش‌های مختلف اعمال کنند. آنها ممکن است مستقیماً رادیکال‌های آزاد، از جمله رادیکال‌های هیدروکسیل، پراکسیل و سوپراکسید را پاکسازی کنند و پراکسیداسیون لیپیدی را سرکوب کنند و سایر آنتی‌اکسیدان‌ها مانند آلفا توکوفرول را بازیافت کنند. برخی از ترکیبات فنولی ممکن است به فلزاتی مانند آهن و مس متصل شوند و از این طریق رادیکال‌های آزاد را از بین ببرند.

آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز آنزیم اصلی در تولید ترکیبات فنولی است که افزایش فعالیت آن موجب افزایش ترکیبات فنولی می­شود. کلسیم از طریق استحکام غشا موجب کاهش تنش اکسیداتیو در غشا شده و موجب استحکام غشا و دیواره سلولی تخریب و کاهش ترکیبات فنولی را به تاخیر می اندازد Wang *et al*., 2024)).

محققان گزارش کردند کلسیم با حذف رادیکال­های آزاد موجب افزایش مواد آنتی اکسیدانی (فنول و فلاونوئید کل) در میوه پاپایا و آووکادو شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد .(Madani *et al*., 2016; Tesfay *et al*., 2010)

پتاسیم با کاهش استرس اکسیداتیو، حذف پراکسیدهیدروژن، کاهش تولید اتیلن موجب افزایش آنتی اکسیدان کل، فنول و فلاونوئید کل شده است (Puerta-Gomez and Cisneros-Zevallos, 2011).

پتاسیم به همراه کلسیم و دیگر عناصر نقش مهمی در کیفیت میوه ها و سبزی و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آنها دارد. علت اصلی افزایش مواد آنتی اکسیدانی در اثر مستقیم پتاسیم بر مقادیر مواد آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی مانند فنول کل و فلاونوئیدکل می­باشد Waraich *et al*., 2011)). پتاسیم با افزایش رشد گیاه و افزایش فعالیت فتوسنتزی موجب افزایش تخصیص کربن اضافی به مسیر شیکمیک اسید شده و از این طریق موجب افزایش مواد فنولی مانند فنول و فلاونوئیدکل می­شود Nguyen *et al*., 2010)). همچنین پتاسیم با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در سنتز ترکیبات فنولی است موجب افزایش ترکیبات فنولی و مواد آنتی اکسیدانی می‌شود Soares *et al*., 2005)). پتاسیم موجب افزایش مواد آنتی­اکسیدانی و ترکیبات فنولی در توت فرنگی Anttonen *et al*., 2006))، ریحان (Nguyen *et al*., 2010) چای Fawzy *et al*., 2007))، انگور (Zareei *et al*., 2013) و انجیر Gaalich *et al*., 2019)) شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

**3-4-4- چربی خام**

تجزیه واریانس اثر تیمار تیوسولفات پتاسیم، تیوسولفات کلسیم و تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم در سطح 5 درصد بر میزان چربی خام میوه گردو رقم چندلرمعنی‌دار شد (جدول4-6). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به تنهایی به طور معنی­داری موجب افزایش چربی خام میوه گردو نسبت به شاهد شدند. تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به تنهایی موجب افزایش چربی خام میوه گردو نسبت به شاهد شدند. کمترین میزان چربی خام در شاهد (6/65 درصد) مشاهده شد (شکل4-8).

شکل 4-8- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر چربی خام میوه گردو رقم چندلر (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

در بسیاری از تحقیقات کمبود کربوهیدرات برای سنتز چربی را عامل اصلی در کاهش میزان چربی در گیاهان عنوان کردند Rathke *et al*., 2005)). پژوهشگران گزارش کردند کـه میزان چربی در گیاهان تحـت کنترل عوامل ژنتیکی بـوده، امـا فراهمـی عناصـر ضـروری در مرحله حساس گیاه می­توانـد بـر میـزان فتوسنتز و تولید متابولیت­های گیاه تأثیر گذاشته و در نهایت بـه افزایش میزان روغن کمک کند (Fanaei *et al*., 2011). در مطالعه­ای استفاده از کود سولفات پتاسیم موجب افزایش میزان چربی در گیاه کلزا شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد Afridi *et al*., 2002)). پتاسیم با فعال سازی آنزیم ها و کوفاکتورهای موجود در مسیر بیوسنتز چربی موجب افزایش میزان چربی در کلزا و خردل شده است (Fanaei .*et al*., 2013) . در مطالعه ای دیگر گوگرد با افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی و نیتروژن موجب افزایش میزان چربی در کانولا شده است Ahmad *et al*., 2007)).

4-4-4**-فیبر خام و خاکستر**

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که همه تیمارها در افزایش فیبر خام میوه گردو رقم چندلر موثر بودند (شکل4-9). تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیوسولفات پتاسیم به تنهایی موجب افزایش فیبر خام میوه گردو رقم چندلر شدند. بیشترین میزان فیبر خام در تیمار تیوسولفات پتاسیم و کلسیم (2/4 درصد) مشاهده شد و کمترین میزان فیبر خام در شاهد (8/2 درصد) مشاهده شد. بیشترین میزان خاکستر (1/2 درصد) در تیمار تیوسولفات پتاسیم کلسیم و کمترین میزان خاکستر (4/1 درصد) در شاهد مشاهده شد. اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمارها و شاهد از نظر میزان خاکسنر میوه مشاهده نشد.

شکل 4-9- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر فیبر خام میوه گردو رقم چندلر (CaTs: تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

فیبر خام باقیمانده مواد گیاهی پس از استخراج با حلال و سپس هضم با اسید رقیق و قلیایی است. مقدار سلولز، همی سلولز و لیگنین غیرقابل هضم در غذاهای گیاهی، در رژیم غذایی به عنوان فیبر خام اندازه گیری می­شود. فیبر خام موجود در گردو می‌تواند به مدیریت وزن، جلوگیری از یبوست، بهبود سلامت روده و کاهش خطر بیماری قلبی و دیابت نوع ۲ و بسیاری از بیماری‌های دیگر کمک کند Shahidi and Zhong ., 2005)). کلسیم یکی از ترکیبات مهم در ساختمان دیواره سلولی است و در تقسیم سلولی نقش مهمی دارد و موجب افزایش میزان فیبر خام در گیاه می­شود Conwa *et al*., 1987)). سولفات پتاسیم موجب افزایش فیبر خام در انگور شده است Zareei *et al*., 2013)) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

در این مطالعه تیمار تیوسولفات پتاسیم و کلسیم به صورت جزئی موجب افزایش میزان فیبرخام موجود در گردو شدند. افزایش میزان فیبر خام در گیاهان به عوامل مختلفی بستگی دارد. افزایش جذب و انتقال مواد غذایی یکی از عوامل مهم در افزایش فیبر خام در گیاهان است. خاکستر دارای عناصر معدنی مختلفی می­باشد که با جذب این عناصر غذایی میزان خاکستر کاهش می یابد. در مطالعات مختلف نتایج متفاوتی از تاثیر کودهای شیمیایی در افزایش میزان خاکستر بدست آمده است. در این مطالعه کودهای تیوسولفات پتاسیم و کلسیم تاثیر چندانی در افزایش میزان خاکستر نداشتند و تاثیر آنها معنی­دار نبود.

**5-4-4- پروتئین کل**

نتایج مقایسه میانگین نشان داد کمترین میزان پروتئین کل با میانگین 3/18 درصد در شاهد مشاهده شد (شکل 4-10). تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم با میانگین3/21 درصد بیشترین میزان پروتئین را داشته است و به میزان (4/17درصد) موجب افزایش پروتئین کل میوه گردو نسبت به شاهد شد. تیمار تیوسولفات پتاسیم به میزان (9/10 درصد) و تیمار تیوسولفات کلسیم به میزان (10/7 درصد) موجب افزایش پروتئین کل گردو شدند (شکل 4-10).

شکل 4-10- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر پروتئین خام میوه گردو رقم چندلر (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

پروتئین کل مجموعه­ای از پروتئین­های حقیقی و ترکیبات نیتروژن دار غیر پروتئینی است. افزایش پروتئین در اثر استفاده از کودهای تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به دسترس بودن مواد غذایی و افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی مرتبط است. با افزایش جذب عناصر غذایی میزان پروتئین سازی در گیاه افزایش یافته و میزان پروتئین کل افزایش می­یابد Rasool *et al*., 2013)). با کاهش pH خاک در اثر استفاده از کودهای سولفاته موجب افزایش جذب عناصر کم مصرف مانند روی شده که این عنصر در ساختمان برخی پروتئین ها و در متابولیسم نیتروژن شرکت می­کند و از این طریق نیز میزان پروتئین کل افزایش می­یابد (Akter *et al*., 2013). همچنین گوگرد در ساختمان اسیدهای آمینه شرکت داشته و علاوه بر این در تقسیم سلولی، افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و مواد تنظیم کننده رشد از منبع به مخزن نقش مهمی دارد و موجب افزایش تولید پروتئین در گیاهان می­شود Devi *et al*., 2012)). گوگرد موجب افزایش میزان پروتئین در کلزا شده است Hao *et al*., 2004)). سولفات پتاسیم موجب افزایش پروتئین خام در انگور شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد Wang *et al*., 2024)).

**6-4-4-ماده خشک**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد (1%≥P) بر ماده خشک میوه گردو معنی‌دار بود (جدول4-6). مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم، تیمار تیوسولفات کلسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش ماده خشک میوه گردو شدند (شکل 4-11). بیشترین میزان ماده خشک در تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (6/99 درصد) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد با (94 درصد)میانگین مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (95/5 درصد) موجب افزایش ماده خشک گردو شدند. تیمار تیوسولفات پتاسیم (42/5 درصد) و تیمار تیوسولفات کلسیم (89/4 درصد) موجب افزایش ماده خشک شدند.

شکل 4-11- اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر ماده خشک میوه گردو (CaTs: تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

،

سولفات پتاسیم موجب افزایش ماده خشک در زیتون شده است Zivdar, 2015)) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. استفاده از پتاسیم و کلسیم موجب افزایش میزان کلروفیل شده و در نتیجه موجب افزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک در گیاه می­شود Torre *et al*., 2001)). همچنین کلسیم نقش مهمی در افزایش رشد و استحکام ریشه های موئین داشته و از این طریق موجب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش تولید ماده خشک در گیاه می­شود.

پتاسیم نقش مهمی در جابجایی نیترات در آوند چوبی دارد و از این طریق موجب افزایش رشد و ماده خشک در گیاه می­شود Zhao *et al*., 2001)).

**7-4-4-اسیدهای چرب در میوه گردو (اسیدپالمیتیک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، پالمتیک و استئاریک)**

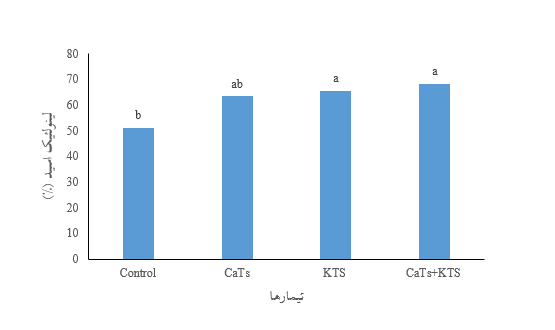
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و تیمارترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد (5%≥P) بر میزان اسیدهای چرب لینولئیک اسید و اولئیک اسید میوه گردو معنی‌دار بود (جدول4-7). ولی اثر تیمارها بر میزان اسیدهای چرب پالمتیک، لینولنیک و استئاریک معنی­دار نبود (جدول 4-7). مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به طور معنی­داری موجب افزایش میزان اسید لینولئیک شدند و اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم، تیمار تیوسولفات کلسیم و تیوسولفات پتاسیم مشاهده نشد (شکل 4-12). بیشترین میزان لینولئیک در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم کلسیم مشاهده شد و کمترین میزان لینولئیک در شاهد (2/51 درصد) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با بقیه تیمارها داشت. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (20/33 درصد) و تیمار تیوسولفات پتاسیم (12/28 درصد) موجب افزایش لینولئیک اسید میوه گردو نسبت به شاهد شدند.

جدول 4-7- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی میوه گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | میانگین مربعات | | | | |  |  |
| منابع تغییرات | | درجه آزادی | اسید اولئیک | اسید لینولئیک | اسید لینولنیک | اسید پالمتیک | اسیدا ستئاریک |
| بلوک | | 2 | 11/6 | 8/4 | 11/3 | 9/8 | 03/1 |
| تیمار | | 3 | \*3/2 | \*5/177 | ns9/1 | ns9/2 | ns06/1 |
| اشتباه آزمایشی | | 12 | 46/0 | 09/38 | 43/1 | 04/2 | 44/0 |
| ضریب تغییرات % | |  | 3/4 | 3/7 | 6/1 | 6/3 | 2/2 |

\* ns معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و غیرمعنی‌دار

نتایج نشان داد بیشترین میزان اولئیک اسید در تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم کلسیم یا میانگین (5/13 درصد) مشاهده شد و کمترین میزان اولئیک اسید در شاهد (3/11 درصد) مشاهده شد. تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم و پتاسیم (4/19 درصد) موجب افزایش اولئیک اسید میوه گردو نسبت به شاهد شدند. اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم و کلسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به تنهایی از نظر میزان اولئیک اسید مشاهده نشد بیشترین میزان لینولئیک اسید در تیمار ترکیبی تیوسولغات پتاسیم کلسیم (2/68 درصد) و کمترین در شاهد (2/51 درصد) مشاهده شد. (شکل 4-12).



شکل 4- 12- اثر تیمارهای تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر اولئیک و لینولئیک اسید میوه گردو (CaTs: تیمار تیوسولفات کلسیم، KTS: تیوسولفات پتاسیم)

بررسی سایر اسیدها نیز در گردوی رقم چندلر تولید شده در شرایط منطقه خرمدره نشان داد که میزان لینولنیک گردوهای تولید شده در شرایط اقلمی منطقه در تیمارهای مختلف کودی 9/13-1/12 درصد، پالمتیک اسید 01/4-1/6 درصد و اسید استئاریک هم 01/4-6/2 درصد بوده است که در اغلب موارد در تیمارهای تیوسلفات کلسیم و پتاسیم مقدار جزیی بالاتر بوده است اما اثر معنی داری نشان ندادند. با این حال، اطلاعات این بخش در مورد میزان اسیدهای چرب تولید شده در این منطقه در باغات گردوی حاصل از رقم تجاری چندلر ارزشمند استو نشان می دهد که تاثیر شرایط اقلیمی منطقه در تحمع اسیدهای اسیدهای آمینه در محصول گردو بیشتر از نوع تغذیه می باشد.

جدول 4-8- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار تیوسولفات کلسیم، تیوسولفات پتاسیم و ترکیب تیوسولفات کلسیم و پتاسیم بر اسیدهای چرب میوه گردو رقم چندلر

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| تیمار | اسید اولئیک | اسید لینولئیک | اسید لینولنیک | اسید پالمتیک | اسید استئاریک |
| Control | b3/11 | b2/51 | a1/12 | a07/4 | a6/2 |
| CaTs | b6/11 | ab6/63 | a4/13 | a01/4 | a2/3 |
| KTS | ab5/12 | a6/65 | a6/13 | a4/4 | a7/3 |
| CaTs+KTS | a5/13 | a2/68 | a9/13 | a1/6 | a01/4 |

نتایج مختلف نشان داده است که لینولئیک اسید اسیدچرب غالب در میوه گردو است. پس از لینولئیک اسید، اسیدهای چرب لینولنیک اسید، اولئیک اسید، پالمتیک و استئاریک اسید در رده های بعدی قرار دارند (Ozkan and Koyuncu, 2005). در این پژوهش کاربرد تیوسولفات پتاسیم و تیوسولفات کلسیم با افزایش میزان عناصر غذایی مانند پتاسیم و کلسیم موجب افزایش کیفیت روغن و افزایش اسیدهای چرب غالب موجود در گردو مانند لینولئیک اسید شده است.

عناصر غذایی مختلف موجب افزایش اسیدهای چرب متفاوت در گیاهان می­شود، در گزارشی استفاده از سولفات کلسیم موجب افزایش اولئیک اسید در زیتون شده است Desouky *et al*., 2009)). در گزارشی دیگر استفاده از سولفات پتاسیم موجب افزایش اسید چرب اولئیک اسید و لینولئیک اسید شده است Thanaa *et al*., 2017)) که نتایج ما با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. عناصر غذایی مانند پتاسیم و کلسیم نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی و فعالیت­های آنزیمی، متابولیسم نوکلئیک اسید و کربوهیدرات­ها، افزایش نقل و انتقال کربوهیدرات­ها و مواد فتوسنتزی موجب افزایش تولید اسیدهای چرب می­شود Saadati *et al*., 2013)).

دو منبع مهم برای آسمیلاسیون و تشکیل روغن وجود دارد. اولین مسیر کربوهیدراتی است که پس از انجام فرایند فتوسنتز در برگ تولید می‌شود و به میوه منتقل می­شود و مسیر دوم کربوهیدراتی است که طی فرایند فتوسنتز در میوه گردو تشکیل می­شود که بعد از انجام فرآیندهای آنزیمی به اسیدچرب تبدیل می­شود Connor and Fereres, 2005). در این مطالعه افزایش پتاسیم و کلسیم و افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف در اثر مصرف تیوسولفات موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش تولید متابولیتهای گیاه تاثیر گذاشته و موجب افزایش اسیدهای چرب گردو شده است (; Hegazi *et al*., 2011)). سایر اسیدهای چرب نیز در اثر مصرف کودهای تیوسولفات پتاسیم و کلسیم در این آزمایش افزایش یافتند ولی میزان افزایش آنها نسبت به شاهد معنی­دار نبود.

**5-4-نتیجه‌گیری کلی**

نتایج این پژوهش نشان داد اثر تیمار تیوسولفات کلسیم به همراه تیمار تیوسولفات پتاسیم سبب افزایش صفات مختلف مرتبط با کیفیت و عملکرد گردو گردید. نتايج نشان داد كه كاربرد تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم، پتاسیم به طور مؤثری باعث افزايش فنول و فلاونوئید کل، آنتی اکسیدان کل، ماده خشک میوه، فیبر، پروتئین، چربی خام، وزن تر و خشک مغز میوه، طول میوه و آهن میوه گردو رقم چندلر شدند. تیمار ترکیبی تیوسولفات پتاسیم، کلسیم به میزان (20/33 و 4/19 درصد) موجب افزایش اسید چرب لینولئیک و اولئیک شدند. اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمار ترکیبی تیوسولفات کلسیم، پتاسیم و تیمار تیوسولفات پتاسیم به تنهابی از نظر میزان طول میوه، وزن تر و خشک مغز میوه، فنول و فلاونوئید و چربی مشاهده نشد. نتایج کلی نشان داد استفاده از تیوسولفات پتاسیم و تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به صورت ترکیبی باعث بهبود بسیاری از شاخص‌های فیزیکوشیمیایی میوه ‌گردو گردید که موجب افزایش عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گردو مؤثرتر هستند. نقش پررنگ هزینه‌های نهاده در کنار سایر هزینه‌های اصلی و جانبی کشاورزی، لزوم بکارگیری روش‌ها و ابزار نوینی را مشخص می‌کند که بتواند دقت را در کشاورزی بالا ببرد و موجب افزایش کیفیت و کمیت محصول شود. هزینه این کودها مقداری بیشتر از کودهای معمولی است با این حال با توجه به اینکه موجب افزایش کمیت و کیفیت محصول میشود، با افزایش عملکرد موجب سود بیشتر کشاورز خواهد شد و هزینه تولید کاهش خواهد یافت. لذا استفاده از تیمار ترکیبی کود تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به صورت آب آبیاری موجب افزایش خواص کیفی و عملکرد گردو رقم چندلر در شرایط و آب و هوایی خرمدره زنجان قابل توصيه مي‌باشد.

**6-4-پیشنهاد­ها**

* این پژوهش روی ارقام دیگر گردو مورد بررسی قرار گیرد.
* تاثیر تیمار تیوسولفات پتاسیم و کلسیم در غلظت‌های دیگر بر کمیت و کیفیت گردو مورد مطالعه قرارگیرد.
* تاثیر تیمار تیوسولفات کلسیم و پتاسیم به همراه تیمارهای کودی مختلف بر روی میوه گردو رقم چندلر مورد مطالعه قرارگیرد.
* تاثیر تیمارهای دیگر بر افزایش کمیت و کیفیت ارقام مختلف گردو مورد مطالعه قرارگیرد.
* تاثیر این قبیل کودها در خاک های با میزان بالای آهک هم تست شود.

**فهرست منابع**

فهرست منابع

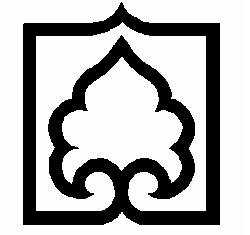
|  |  |
| --- | --- |
| ابراهیمی، ع. 1386. بررسي تنوع ژنتيكي برخي از ژنوتيپ­هاي گردوي ايراني با استفاده از نشانگرهاي مورفولوژيك و مولكولي (RAPD, Ssrs). پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه تهران، ایران. 42-57.  احمدی, محمدخانی و عبدالرحمان. (1393). اثر تغذیه پتاسیم و بور بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انگور رقم ʻعسکریʼ.به زراعی کشاورزی, 16(2), 417-430.  امامی، ع. 1375 . روش­های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره 982، تهران، ایران.  کریمی نیا، 1376. شنسایی گونه های تیوباسیلوس جدا شده از برخی از خاک­های ایران و بررسی تاثیر آنها در کاهش pH خاک­های مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد تربیت مدرس. تهران. ایران  خدیوی، ع. 1389. میوه کاری. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، ص 244.  طباطبایی، م.، دهلوی، ا. و احمدی، ع. 1377. گردو، هیکوری و پکان. انتشارات جهاد دانشگاهی؛ چاپ دوم: 406 ص.  کاشی، ع. و وحدتی، ک. 1377. نامیزیدن (آپومیکسی) و اهمیت آن در گردو. نشر آموزش کشاورزی.  جعفری صیادی، محمد حسن.، مروی، مهاجر.، مظفری, سبحانی. (1385). بررسی ویژگیهای مورفولوژیکی برگ گردوی ایرانی *(Juglans regia* L*.)*. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، *14*(1), 19-1.  جلیل­مرندی، ر. 1392. فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات دانشگاه ارومیه. ص 236.  محمودی، ر، حسنی، د، امیری، ا و آقایی، آ. 1393. مقایسه خصوصیات و عملکرد میوه برخی ژنوتیپ‌های انتخابی گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) با ارقام خارجی.نهال و بذر,441-456.‎.  قادری، ج.، ملکوتی، م.ج.، خاوازی، ک.، داوودی، م.ح.(1398). بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی از ویژگی های کیفی گندم آبی *(. Triticum astivum* L*).*  کاویانی، ب.، انصاری، ر.، خیاطی بابایی، س.، عابدینی آبکسری، ح.، انصاری، م.ح. (1401). اثر محلول‌پاشی توأم کلسیم و پتاسیم بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه‌ی پرتقال رقم تامسون ناول. پژوهش‌های تولید گیاهی, 29(4), 63-82.  ملکوتی، م. ج.، 1375. کشاورزی پایدارو افزایش عملکرد با بهینه­سازی مصرف کود در ایران، نشر آموزش کشاورزی.  مرادی بیژن, رییسی طاهره و شاه نظری سمیه. (1395). اثر روش های مختلف کوددهی بر ویژگی های کمی و کیفی میوه ی کیوی 237-248.  Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T., and Khattak, R.A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola *Brassica napus* L. under rainfed conditions. Journal of Zhejiang University Science, 8, 731-737.  Al-Salami, A. S. D., Mohson, K. H., and Desher, M. A. 2021. Effect of agriculture sulfur fertilizer levels on growth, and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Archives, 21(1), 1102-1107.  Arabloo, M., Taheri, M., Yazdani, H., and Shahmoradi, M. 2017. Effect of foliar application of amino acid and calcium chelate on some quality and quantity of Golden Delicious and Granny Smith apples. Trakia Journal of Sciences, 15(1), 14-19  Acarsoy Bilgin, N., Yağmur, B., Özaktan, H., and Akbaba, M. 2023. Effects of Foliar Application of Nutrients and Beneficial Bacteria on Fruit Properties and Nutrient Concentrations of ‘Chandler’Walnut Variety. Erwerbs-Obstbau, 65(3), 567-578.  Ashley, M. K., Grant, M., and Grabov, A., 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. Journal of Experimental Botany, 57(2), 425-436.  Afridi, M.Z., Tariq, M., and Shood, A. 2002. Some aspects of NPK nutrition for improved yield and oil contents of canola. Asian Journal of Plant Sciences, 5, 507-509.  Al-Yousif, A.A., and Al-Masudey, M.Z. 2007. Effect of calcium on Ziziphus jujube sp. fruit growth and their resistance to jujube fruit Fly Carpomyia incompleta. Journal of Kerbela University, 54, 106-113  Bernard, A., Lheureux, F., and Dirlewanger, E. 2018. Walnut: past and future of genetic improvement. Tree genetics & genomes, 14(1), 1-9  Boyd, D. A. 2016. Sulfur and its role in modern materials science. Angewandte Chemie International Edition, 55(50), 15486-15502.  Connor, D.J., and Fereres, E. 2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive. Horticultural Reviews, 31, 155–229  Cristofori, V., Tommasini, G., Rugini, E., and Bignami, C. 2009. Effects of irrigation on yield components and quality of walnut cultivar ‘chandler’. Scientia Horticulturae, *52*, 557-562.‏  Chien, S. H., Gearhart, M.M., and Villagarcía, S. 2011. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. Soil Science, 176(7): 327-335.  Christopoulos, M. V., and Tsantili, E. 2011. Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglans regia* L.) kernels during storage Scientia Horticulturae,131: 49-57.  Conway, W.S. and Sams. C.E. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. Journal of the American Society for Horticulture Science 112: 300-303.  Cosmulescu, S., Baciu, A., Botu, M., and Achim, G. H. 2010. Environmental factors’ influence on walnut flowering. Acta horticulturae, 861, 83-88.‏  Devi, K.N., Singh, L.N.K., Singh, M.S., Singh, S.B., and Singh, K.K. 2012. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean Glycine max under upland conditions. Journal of Agricultural Science, 44, 421-431.  Droux, M. 2004. Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: a survey. Photosynthesis Research, 79(3), 331-348.  Dvorak, J., Brown, P. J., Leslie, C., Aradhya, M., Luo, M. C., and Dandekar, A. 2020 USE OF ‘Chandler’genepool for discovery of genes for traits important for tee California walnut breeding program.  Ercisli, S., Sayinci, B., Kara, M., Yildiz, C., & Ozturk, I. (2012). Determination of size and shape features of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars using image processing. *Scientia horticulturae*, *133*, 47-55.‏  Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari Bonjar, A., and Shirani-rad, A. 2011. Effect of drought stress and potassium on solutes accumulation and chlorophyll of canola *B. napus* L. and Indian mustard *B. juncea* L. JWSS-Isfahan University of Technology, 1557, 141-156.  Fanaei, H., Galavi, M., Kafi, M., and Shirani-rad, A.M. 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola *Brassica napus* and mustard *Brassica juncea*. Journal of Water and Soil Science, 233, 261-275. In Persian.  Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., andGhanbari Bonjar, A. 2009. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. International Journal of Plant Production, 32, 41-54.  Ghesmati, M., Moradinezhad, F., and Khayyat, M. 2017. Effects of foliar application of calcium nitrate and calcium chloride on antioxidant properties and quality of *Ziziphus jujuba* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 35, 871-881.  González, C. R, Lemus, G. S. and Reginato, G. 2008. Pistillate flower abscission symptoms of ‘serr’ walnut (*Juglans regia* L*.*). Chilean journal of AgriculturalResearch; 68, 183-191.  Germain, E., Prunet, Y. and Garcin, A. 1999. Le noyer. centre technique Interprofessione ldes Fruits et Légumes Press: 279.  Gaaliche, B., Ladhari, A., Zarrelli, A., and Mimoun, M.B. 2019. Impact of foliar potassium fertilization on biochemical composition and antioxidant activity of fig *Ficus carica* L. Scientia Horticulturae, 253, 111-119.  Hao, X., Chang, C., and Travis, G.J. 2004. Effect of long term cattle manure application on relation between nitrogen and oil content in canola seed. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 167, 214–215  Han, Y., Zheng, Y., Li, S., Mo, R., Long, X., and Liu, Y. (2019). Effects of drying process with different temperature on the nutritional qualities of walnut (*Juglans regia* L.). Food Science and Technology Research, 25(2), 167-177.  Hegazi, E.S., Mohamed, S.M., El-Sonbaty, M.R., Abd El-Naby, S.K.M., and El-Sharony, T.F. 2011. Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of olive cv. Picual. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 3, 252-25.  Hafsi, C., Debez, A., and Abdelly, C. 2014. Potassium deficiency in plants: effects and signaling cascades. Acta Physiologiae Plantarum, 36(5), 1055-1070.  Hewlings, S., and Kalman, D. 2019. Sulfur in human health. EC Nutrition, 14(9), 785-791.  Lalonde, S., Tegeder, M., Throne‐Holst, M., Frommer, W.B., and Patrick, J.W. 2003. Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. Plant, Cell and Environment, 261, 37-56.  Lanauskas, J., Kvikliene, N. (2006). Effect of calcium foliar application on some fruit quality characteristics of ‘Sinap Orlovskij’apple. Agronomy Research, 4(1), 31-36.‏  Lewandowska, M., and Sirko, A. (2008). Recent advances in understanding plant response to sulfur-deficiency stress. Acta Biochimica Polonica, 55(3), 457-471.‏  22:13  Marschner, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants 3rd edition. 3rd ed. Academic Press, 651 p.  Martínez, M. L., Labuckas, D. O., Lamarque, A. L., & Maestri, D. M. (2010). Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by‐products. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(12), 1959-1967.  Mert, C. (2010). Anther and pollen morphology and anatomy in walnut (*Juglans regia* L.). *HortScience*, *45*(5), 757-760.‏  Melgarejo, P., Sanchez, M. Hernandez, F., Martinez, J.J. and Amoros, A. 2000. Parameters for determining the hardness and pleasantness of pomegranates (*Punica granatum* L.). Options Mediterraneennes, 42, 225-235.  Messick, D. L., Fan, M. X., and De Brey, C. (2005). Global sulfur requirement and sulfur fertilizers. FAL—Agric Res, 283, 97-104.  Mohammed, S., Singh, D., and Ahlawat, V.P. 1993. Growth, yield and quality of grapes as affected by pruning and basal application of potassium. Journal of Horticultural Science and Technology, 22, 79-182.  Nguyen P.M., Eileen M., and Kwee Emily D. 2010. Niemeyer Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil *Ocimum basilicum* L. leaves. Food Chemistry, 123: 1235–1241.  Narayan, O. P., Kumar, P., Yadav, B., Dua, M., and Johri, A. K. 2023. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. Plant Signaling and Behavior,18(1), 2030082.  Ozkan, G., and Koyuncu, M.A. 2005. Physical and Chemical Comparision of some walnut (*Juglans regia* L). genotypes grown in Turkey, Grasasy Aceites, 56(2), 141-146.  Ozkan, Y., and Celep, C. 2001. Investigation of some characteristics related to yield of some walnut cultivars andtypes (*Juglans regia* L.) grown in Tokat ecological conditions. Acta Horticultureae, 544, 101-108.  Pandey, G. K., and Mahiwal, S. 2020.Role of potassium in plants (Vol. 49). Cham, Switzerland: Springer.‏  Perkin-Elmer, 1982. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer.  Rasool, F.U., Hasan, B., Jahangir, I.A., Ali, T. and Mubarak, T. 2013. Nutritional yield and economic responses of sunflower *Helianthus annuus* L. to integrated levels of nitrogen, sulphur and farmyard manure. Journal of Agricultural Sciences, 81, 17-27  Rathke, G.W., Christen, O., and Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape Brassica napus L. grown in different crop rotations. Field Crops Research, 94, 103-113.  Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharamtti, P.R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower *Carthamus tinctorius* L. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 21, 382-385.  Romano, R., De Luca, L., Vanacore, M., Genovese, A., Cirillo, C., Aiello, A., and Sacchi, R. 2022. Compositional and morphological characterization of ‘Sorrento’and ‘Chandler’walnuts. Foods,11(5), 761.  Rouhi, V., Nikbakht, A., and Hooshmand, S. 2015. Effect of sodium chloride concentrations and Its foliar application time on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruit *Punica granatum* L. cv. “Malas Saveh”. Journal of Horticultural Science, 292, 158-167.  Ramos, D.E. 1998. Walnut production manual. University of California, Davis, USA. Publ. 3373, 304- 313.  Saadati, S., Moallemia, N., Mortazavia, S.M.H., and Seyyednejad, S.M. 2013. Effects of zinc and boron foliar application on soluble carbohydrate and oil contents of three olive cultivars during fruit ripening. Scientia Horticulturae 164, 30–34.  Shahidi, F., Zhong, Y., 2005. Lipid Oxidation: Measurement Methods. Bailey’s Industrial Oil and Fat Products. 25-32.  Sharafzadeh, Sh., Khoushkhoy, M., and Javidnia, K. 2008. Effects of nutrients on growth and active substances of thyme *Thymus vulgaris* L. Journal of Gardener's Science and Techniques, 94, 261-274.  Sharma, R.R., Singh, D., & Pal, R.K. 2013. Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of royal delicious apples *Malus domestica* Borkh. American Journal of Plant Sciences, 4, 153-159.  Sharma, O. C., and Sharma, S. D. 2001. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (Juglans regia L.) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. Scientia Horticulturae, 88(2), 163-171  Singh, B. 2002. Effects of macro and micro nutrient spray on fruit yield and quality of grapes *Vitis vinifera* L. cv. Perlette. Acta Horticulturae, 594, 197-202  Sinoquet, H., Rivet, P., and Godin, C. (1997). Assessment of the three-dimensional architecture of walnut trees using digitising. *Silva fennica*, *31*(3), 265-273.  Solhjo, S. 2015. The Effect of foliar application of calcium chloride and potassium sources on improvement of color, quality characteristics and storage life of delicious apple fruit. Master's thesis in the field of Horticultural Sciences. Faculty of Agriculture. 25-42  Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D., and Mozaffari, M. R. 2019. Phenological characteristics of walnut (*Juglans* *regia* L.) genotypes under environmental conditions of Karaj in Iran. *Crop Breeding Journal*, *9*(2), 11-22. doi: 10.22092/cbj.2020.128539.1045  Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D., Mozaffari, M.R., Dastjerdi, R. 2023. "Yield related traits in some Persian walnut cultivars: Analysis of genetic and genetic by environment interaction." Advances in Horticultural Science **37**(4), 367-376. Doi: 10.36253/ahsc13749  Simonne, E. H., Jones, H. A., Mills, D. A., Snittleand C. and Hussey, G. 1993. Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl N. Commun. Soil Science Plant Anal. 24: 1609-1616.  Solar, A., Hudina, M. and Stampar, F. 2001. Relationship between tree architecture, phenological data and generative development in walnut (*Juglans regia* L.). Acta Hort. 544, 275-286.  Stampar, F., Solar, A., Hudina, M., Veberic, R., Colaric, M. 2006. Traditinalwalnut ligueur-cocktail of phenolics. Food Chemistry, 95(4), 627-631  Thanaa, Sh., Mahmoud, M., Enaam, Sh., Mohamed, A., and El-Sharony, T.F. 2017. Influence of foliar application with potassium and magnesium on growth, yield and oil quality of “Koroneiki” olive trees. American Journal of Food Technology, 12, 209-220  Torre, S., Fjeld, T. and Gislerod, H. R. 2001. Effect of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. Scientia Horticulturae, 90, 291-304.  Theobald, H. E. 2005. Dietary calcium and health. Nutrition Bulletin, 30(3), 237-277.  Wang, Q., Liao, Y., Zhao, W., Yi, T., Jiang, Y., Zhu, G., and Rui, Y. 2024. Potassium-based nanomaterials significantly enhance nutrient utilization efficiency and promote high crop yields. Environmental Science: Nano.  Weaver, C. M. 2013. Potassium and health. Advances in Nutrition, 4(3), 368S-377S.  Wilkinson, J. (Ed.). 2005. Nut grower's guide: the complete handbook for producers and hobbyists. Landlinks Press.  Yu, J., Zhu, M., Bai, M., Xu, Y., Fan, S., and Yang, G. 2020. Effect of calcium on relieving berry cracking in grape (*Vitis vinifera* L.)‘Xiangfei’. PeerJ, 8, e9896.‏  Zareei, E., Ghaderi, N and Javadi, T. 2013. Effect of potassium sulfate foliar spraying on berry and cluster weight, pH, total phenol and vit. C content of grape (*Vitis vinifera* cv. Rashe). Journal of Food Science. 69: 67-72.  Zhao, D., Oosterhuis, D.M. and Bednarz, C.W. 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica, 39, 103-9  Zivdar, Sh. 2015. Investigating the effect of potassium sulfate foliar application on some physiological and biochemical indicators of olive *Olea europaea* L. in the weather conditions of Ahvaz. Master's Thesis in the Field of Horticultural Sciences. Faculty of Agriculture, Shiraz University. | |
|  |

**Evaluatiing the effect of some thiosulfate-based chemicals on improving pomological traits and yield of Chandler walnut cultivar at the climatic conditions of Khormadareh (Zanjan province)**

**Abstract**

Walnut (*Juglans regia* L.) is a significant horticultural crop with widespread commercial importance. Walnut is a tree species that has substantial commercial value and medical significance in promoting human well-being. Because of its high consumption rate, it holds a significant position in people's dietary habits around the world. However, inadequate nutrient management compromises the system's productivity, necessitating a sufficient supply of nutrients. The addition of appropriate nutrients to the soil significantly influences the growth and yield of walnuts. Effective nutrient management is a fundamental principle of sustainable agriculture. This particular setting views foliar fertilization as an ecologically sustainable approach. This study aimed to investigate the effects of calcium thiosulfate and potassium thiosulfate on walnut fruit production and quality. The research was conducted using a randomized complete block design with three replicates at the research orchard in Khormadareh Agro-Industry CO, located in the Zanjan province. The treatments included the application of calcium thiosulfate at a rate of 100 liters per hectare, potassium thiosulfate at a rate of 100 liters per hectare, a combination of calcium thiosulfate and potassium thiosulfate, and a control group. The results demonstrated that all treatments were efficient in preserving the quality and improving walnut fruit production. In addition, the combination of calcium thiosulfate and potassium thiosulfate resulted in a significant increase in various parameters compared to the control. These parameters include total phenol (3.49%), flavonoid (2.81%), total antioxidant (6.51%), kernel drying weight (33.3%), kernel fresh weight (24.1%), fresh and dry nut weight, protein (17.48%), fiber (50.2%), fat (3.96%), and length of fruit (9.8%). The control group exhibited the lowest levels of iron %, linoleic acid, and oleic acid. Ultimately, the use of calcium thiosulfate in conjunction with potassium thiosulfate can enhance some physical and physiological traits of the fruit, leading to improved quality and quantity of walnut fruit.

**Keywords:** Walnut, qualitative traits, fruit, kernel color



University of Zanjan

Faculty of Agriculture

Department of Horticultural Sciences

A thesis presented for the degree of

M. Sc. (Pomology) in Horticultural Sciences

**Evaluatiing the effect of some thiosulfate-based chemicals on improving pomological traits and yield of Chandler walnut cultivar at the climatic conditions of Khormadareh (Zanjan province)**

By

**Soghra Heydari**

Supervisors

**Vali Rabiei**

**Asghar Soleimani**

Advisor

**Fahime nasr**

January 2024

1. - Phospholipids [↑](#footnote-ref-1)
2. - Sterol Esters [↑](#footnote-ref-2)
3. -Tocopherols [↑](#footnote-ref-3)
4. - Phytosterols [↑](#footnote-ref-4)
5. -Terpenoids [↑](#footnote-ref-5)
6. -Phenols [↑](#footnote-ref-6)
7. -Flavonoids [↑](#footnote-ref-7)
8. -Folic acid [↑](#footnote-ref-8)
9. -Antioxidants [↑](#footnote-ref-9)
10. Juglone [↑](#footnote-ref-10)
11. Allelopathy [↑](#footnote-ref-11)
12. Hermaphrodite [↑](#footnote-ref-12)
13. Terminal bearing [↑](#footnote-ref-13)
14. Lateral bearing [↑](#footnote-ref-14)
15. Drupe [↑](#footnote-ref-15)
16. Epicarpe [↑](#footnote-ref-16)
17. Mesocarpe [↑](#footnote-ref-17)
18. Endocarpe [↑](#footnote-ref-18)
19. Dichogamy [↑](#footnote-ref-19)
20. Protanderous [↑](#footnote-ref-20)
21. Protogenus [↑](#footnote-ref-21)
22. Homogam [↑](#footnote-ref-22)
23. Pollinizer [↑](#footnote-ref-23)
24. Pistill Flower Abortion [↑](#footnote-ref-24)
25. Chandler [↑](#footnote-ref-25)
26. Payn [↑](#footnote-ref-26)
27. Serrr [↑](#footnote-ref-27)
28. Hartly [↑](#footnote-ref-28)
29. Eureka [↑](#footnote-ref-29)
30. Vina [↑](#footnote-ref-30)
31. Pedro [↑](#footnote-ref-31)
32. Chico [↑](#footnote-ref-32)
33. Ford [↑](#footnote-ref-33)
34. Howard [↑](#footnote-ref-34)
35. Ivanho [↑](#footnote-ref-35)
36. Gillet [↑](#footnote-ref-36)
37. Sexton [↑](#footnote-ref-37)
38. Solano [↑](#footnote-ref-38)
39. Sunland [↑](#footnote-ref-39)
40. Tehama [↑](#footnote-ref-40)
41. Tulare [↑](#footnote-ref-41)
42. Durhanm [↑](#footnote-ref-42)
43. Wolfskill [↑](#footnote-ref-43)
44. Franquette [↑](#footnote-ref-44)
45. Lara [↑](#footnote-ref-45)
46. Fernor [↑](#footnote-ref-46)
47. Corne [↑](#footnote-ref-47)
48. Grandjean [↑](#footnote-ref-48)
49. Ferjean [↑](#footnote-ref-49)
50. Mayette [↑](#footnote-ref-50)
51. Parisienne [↑](#footnote-ref-51)
52. Marbot [↑](#footnote-ref-52)
53. Sorrento [↑](#footnote-ref-53)
54. Feltrino [↑](#footnote-ref-54)
55. Cerreto [↑](#footnote-ref-55)
56. Blegian [↑](#footnote-ref-56)
57. [Tessenderlo Kerley](https://www.tessenderlokerley.com/en/node/1) [↑](#footnote-ref-57)
58. -Length [↑](#footnote-ref-58)
59. -Width [↑](#footnote-ref-59)
60. -Thickness [↑](#footnote-ref-60)
61. gingerols [↑](#footnote-ref-61)