بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی کشاورزی
گروه :علوم باغبانی کشاورزی
پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر دمای محیط بر جذب و حرکت برخی عناصر غذایی در چند پایه تجاری پسته

هاجر حکم‌آبادی

اساتید راهنما :

دکتر مهدی رضائی

دکتر حسین حکم آبادی

بهمن ۱۳۹۴

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی بسطام

گروه :علوم باغبانی وگیاه‌پزشکی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم هاجر حکم‌آبادی

تحت عنوان: بررسی اثر دمای محیط بر جذب وحرکت برخی عناصر غذایی در چند پایه تجاری پسته

در تاریخ ۱۳۹۴/۱۱/۲۶. توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء
نام و نام خانوادگی :دکتر مهدی رضایی	
نام و نام خانوادگی : دکتر حسین حکم‌آبادی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به

پدرم و مادرم

که نه می توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد سیاه کنم و نه برای دست های پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی باشم. پس خدایا توفیقم ده که هر لحظه شکر گذارت باشم و ثانیه های عمرم را، در عصای دست بودنشان بگذرانم.

و تقدیم به

برادران و خواهران مهربانم

همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم

تشکر و قدردانی:

ضمن سپاس و ستایش به درگاه ایزد منان که به من توانایی داد که با استعانت از او بتوانم این پژوهش را انجام دهم، بر خود لازم می بینم از دلگرمی و تشویق اساتید و دوستان که در نگارش این مجموعه مرا یاری نمودند، قدردانی نمایم:

اساتید راهنما، جناب آقای دکتر مهدی رضایی و جناب آقای دکتر حسین حکم آبادی که در طول نگارش این مجموعه با راهنمایی های عالمانه و بجایشان، سکاندار شایسته ای در هدایت این پایان نامه بوده اند.

سرکار خانم مهندس زهرا راسخی اصل، که در طول نگارش این مجموعه همواره از نظرات کارشناسانه شان، بهره جستم و با سعه صدر، زحمات ویرایش این تحقیق را پذیرفتند

همچنین از مسئولین محترم گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی جناب آقای دکتر حسن قربانی قوژدی و آقای علی حسین پور که در طی اجرای این تحقیق، همکاری صمیمانه ای با من داشتند.

همچنین از مسئولین محترم آزمایشگاه دانشکده جناب آقای مهندس حسین پور، مهندس شاکری، مهندس مطهری نژاد و مهندس گلی، همچنین از مسئولین محترم آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان جناب آقای دکتر اخیانی، مهندس مزجی و مهندس حسینی که در طی اجرای این تحقیق، همکاری صمیمانه ای با من داشتند.

و در خاتمه از دوستان ارجمندم سرکار خانم نرگس صالح آبادی، نجمه السادات حسینی، افسانه نخعی و فاطمه صادقی و دیگر دوستانی که مراد انجام این تحقیق یاری نمودند، قدردانی و تشکر می نمایم.

تعهد نامه

اینجانب **هاجر حکم‌آبادی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی(باغبانی) دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی اثر دمای محیط بر جذب و حرکت برخی عناصر غذایی در چند پایه تجاری پسته** تحت راهنمائی دکتر مهدی رضایی و دکتر حسین حکم‌آبادی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

بررسی اثر دمای محیط بر جذب و حرکت برخی عناصر غذایی در چند پایه تجاری پسته

چکیده:

به منظور بررسی اثر دمای محیط بر جذب و حرکت برخی از عناصر غذایی در چند پایه تجاری پسته آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود انجام شد. فاکتور اول سه پایه پسته بادامی‌زرند (*Pistacia vera* cv. Badamie-zarand)، قزوینی (*P. vera* cv. Ghazvini) و سرخسی (*P. vera* cv.Sarakhsi) و فاکتور دوم چهار تیمار دمایی ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. دانهال‌های پسته پس از کشت تا مرحله ۱۵ برگی در گلخانه نگهداری شدند و سپس به ژرمیناتور جهت اعمال تیمارهای دمایی به مدت ۱۵ روز منتقل شدند. نتایج مربوط به پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی نشان داد پایه‌ها از لحاظ شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی مورد بررسی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند و پایه بادامی‌زرند از نظر اکثر صفات نسبت به دو پایه دیگر برتر بود. افزایش دمای محیط موجب افزایش میزان ماده خشک ریشه، ساقه و برگ و سطح برگ در پایه‌های پسته گردید. افزایش دمای محیط تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد تاثیر مثبت و افزاینده بر روی برخی از شاخص‌های رشدی پایه‌های مورد مطالعه دارد. کمترین میزان شاخص سبزینگی در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان آن در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. کمترین و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در دماهای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد و در پایه سرخسی حاصل شد. غلظت عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم، نیتروژن در ساقه و غلظت عناصر غذایی فسفر، نیتروژن، کلسیم و سدیم در ریشه و فسفر در برگ بین پایه‌های مورد بررسی تحت تاثیر تیمارهای دمایی مورد آزمایش با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. نتایج مربوط به اندازه گیری سرعت جذب و انتقال عناصر غذایی نیز نشان داد که سرعت جذب عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به وسیله ریشه در پایه سرخسی بیشتر از دو پایه دیگر بود و سرعت انتقال عناصر غذایی مورد بررسی در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های سرخسی و بادامی زرند بود و سرعت جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم توسط گیاه در پایه بادامی‌زرند بیشتر از پایه‌های قزوینی و سرخسی بود و نتایج مقایسه میانگین در ارتباط با دماهای مورد بررسی نشان داد با افزایش دمای محیط سرعت جذب عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم توسط ریشه پایه‌های پسته کاهش یافت درحالی که سرعت جذب کلسیم توسط ریشه با افزایش دمای محیط افزایش پیدا کرد و سرعت جذب منیزیم توسط ریشه نیز با افزایش دما تا۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش و سپس در

دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. روند سرعت انتقال نیتروژن، فسفر، سدیم، پتاسیم در پایه های پسته روند مشابهی را با افزایش دمای محیط داشتند به جزء کلسیم که با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد سرعت انتقال آن افزایش یافت. روند تغییرات سرعت جذب سدیم و کلسیم توسط گیاه و روند تغییرات سرعت جذب پتاسیم و منیزیم با افزایش دما در پایه‌های پسته مشابه هم بودند در بین دماهای مورد بررسی بالاترین سرعت جذب فسفر و منیزیم گیاه در پایه‌های قزوینی و سرخسی دمای ۲۰درجه سانتی‌گراد محیط بود. ماکزیمم سرعت جذب ریشه در پایه‌های بادامی زرند و قزوینی برای عناصر فسفر و نیتروژن دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد محیط بود و پایه سرخسی کمترین جذب این عناصر را در دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد داشت بالاترین سرعت جذب عناصر پتاسیم، کلسیم ریشه در پایه های بادامی زرند، قزوینی و سرخسی دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. نتایج این پژوهش نشان دادکه با توجه به بالا بودن غلظت عناصر غذایی نیتروژن و فسفر در ریشه پایه بادامی‌زرند در تیمار دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت بالای ریشه در جذب عناصر غذایی مذکور و افزایش در وزن تر ریشه این پایه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دو پایه دیگر به نظر می‌رسد این پایه در اوایل فصل رشد که دمای خاک و هوا پایین است از رشد بهتری نسبت به دو پایه دیگر برخوردار است.

کلمات کلیدی: جذب و انتقال، عناصر غذایی، پایه های پسته، دما

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی تاثیر دمای محیط بر جذب عناصر سدیم و پتاسیم در چند پایه تجاری پسته تحت شرایط کنترل شده، ۱۳۹۴. همایش ملی رهیافت‌های علمی در صنعت طلای سبز پسته. دانشگاه آزاد اسلامی دامغان. ۲۸ آذر

۲- بررسی تاثیر دمای محیط بر جذب عناصر فسفر و نیتروژن در چند پایه تجاری پسته در شرایط کنترل شده، ۱۳۹۴. همایش ملی رهیافت‌های علمی در صنعت طلای سبز پسته. دانشگاه آزاد اسلامی دامغان. ۲۸ آذر

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول(مقدمه و کلیات).....۱

مقدمه.....۲

کلیات.....۴

۱-۱- سابقه تاریخی و اهمیت پسته ۴

۱-۲- گیاه شناسی پسته.....۵

۱-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید پسته در جهان و ایران.....۶

۱-۴- نیازهای اکولوژیکی درخت پسته.....۷

۱-۵- پایه های پسته و ویژگی های کلی آنها..... ۸

۱-۵-۱-گونه کسور..... ۸

۱-۵-۲-گونه آتلانتیکا..... ۸

۱-۵-۳-گونه بنه..... ۹

۱-۵-۴-گونه اینتگریما..... ۹

۱-۵-۵- گونه تریبنتوس..... ۹

۱-۵-۶-پایه های دو رگ..... ۹

۱-۶-دمای خاک.....۱۰

۱-۶-۱-تغییرات دمای خاک.....۱۳

عنوان **صفحه**

۱-۶-۲-اثرات دمای خاک بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک..... ۱۴

۱-۶-۲-۱-آب خاک..... ۱۴

۱-۶-۲-۲-انتقال مواد غذایی..... ۱۵

۱-۶-۲-۳-برهم کنش های شیمیایی..... ۱۶

۱-۶-۳-تاثیر دمای خاک بر بیولوژی ریشه..... ۱۸

۱-۶-۳-۱-مرفولوژی و رشد ریشه..... ۱۸

۱-۶-۳-۲-اثر دما بر فیزیولوژی جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه..... ۲۳

۱-۶-۴-تغییرات دمای خاک بر بیولوژی خاک..... ۲۶

۱-۶-۴-۱-تجزیه و معدنی شدن مواد غذایی..... ۲۷

فصل دوم(مروری بر پژوهش های پیشین)..... ۲۹

۲-۱-اثر دمای محیط بر صفات رویشی گیاهان متفاوت..... ۳۰

۲-۲- تاثیر دمای محیط بر صفات فیزیولوژیکی در گیاهان متفاوت..... ۳۲

۲-۳- تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی در گیاهان مختلف..... ۳۶

۲-۳-۱- تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی پر مصرف در گیاهان..... ۳۷

۲-۳-۲- تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی کم مصرف گیاهان..... ۳۹

۲-۳-۲-۱- نحوه ی جذب عناصر کم مصرف..... ۴۰

۲-۳-۲-۲- جذب کلر..... ۴۰

۲-۳-۲-۳-جذب مولیبدن..... ۴۱

۲-۳-۲-۴-جذب بُر..... ۴۱

فصل سوم(مواد و روش).. ..... ۴۳

عنوان **صفحه**

۳-۱-مکان و زمان انجام تحقیق..... ۴۴

۳-۲-طرح آماری،فاکتورهای آزمایشی..... ۴۴

۳-۳- ویژگی پایه های مورد تحقیق..... ۴۴

۳-۳-۱- مشخصات پایه قزوینی..... ۴۴

۳-۳-۲-مشخصات پایه بادامی زرند..... ۴۵

۳-۳-۳- مشخصات پایه سرخسی..... ۴۵

۳-۴- مراحل آماده سازی بذور برای کشت..... ۴۵

۳-۵- انتقال دانهال ها به ژرمیناتور..... ۴۶

۳-۶- اندازه گیری پارامترها..... ۴۶

۳-۶-۱- اندازه گیری پارامترهای مرفولوژیکی و رشدی..... ۴۶

۳-۶-۲- اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی..... ۴۷

۳-۷- اندازه گیری مواد معدنی..... ۴۸

۳-۷-۱- اندازه گیری ازت..... ۴۸

۳-۷-۲- اندازه گیری فسفر..... ۴۹

۳-۷-۳- اندازه گیری پتاسیم..... ۵۰

۳-۷-۴- اندازه گیری مجموع کلسیم و منیزیم..... ۵۱

۳-۷-۵- اندازه گیری کلسیم..... ۵۲

۳-۷-۶- اندازه گیری منیزیم..... ۵۲

عنوان **صفحه**

۳-۷-۷- اندازه گیری سدیم.....۵۳

۳-۸- اندازه گیری سرعت جذب ریشه.....۵۴

۳-۹- اندازه گیری سرعت جذب گیاه.....۵۴

۳-۱۰- اندازه گیری سرعت انتقال عناصر.....۵۵

۳-۱۱- تجزیه آماری داده.....۵۵

فصل چهارم(نتایج).....۵۷

۴-۱-خصوصیات رشدی.....۵۸

۴-۱-۱-ویژگی های رشدی.....۵۸

۴-۱-۱-۱-تعداد برگ.....۵۸

۴-۱-۱-۲-وزن تر و خشک برگ.....۵۹

۴-۱-۲-۱-طول ساقه.....۶۱

۴-۱-۲-۲-نتایج اثر تیمارهای مختلف دمایی بر وزن تر و خشک ساقه.....۶۱

۴-۱-۳- صفات مربوط به ریشه.....۶۳

۴-۱-۳-۱-نتایج اثر تیمارهای مختلف بر طول ریشه.....۶۳

۴-۱-۳-۲-نتایج اثرتیمارهای مختلف بر وزن تر و خشک ریشه.....۶۳

۴-۱-۳-۳- نسبت اندام هوایی به ریشه.....۶۵

۴-۲-پارامترهای فیزیولوژیکی.....۶۶

۴-۲-۱-هدایت روزنه ای.....۶۷

عنوان **صفحه**

۴-۲-۱-۱-اثر ساده دما بر هدایت روزنه ای..... ۶۷

۴-۲-۱-۲- اثرات متقابل پایه و دما بر هدایت روزنه ای..... ۶۸

۴-۲-۲- میزان نسبی آب بافت برگ(RWC)..... ۶۹

۴-۲-۲-۱- اثرات ساده دما بر میزان نسبی آب بافت برگ..... ۶۹

۴-۲-۲-۲-اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب بافت برگ.(RWC)..... ۷۰

۴-۲-۳- میزان شاخص سبزینگی(اسپد)..... ۷۱

۴-۲-۳-۱- اثرات ساده پایه و دما بر میزان شاخص سبزینگی (اسپد)..... ۷۱

۴-۲-۳-۲- اثرات متقابل پایه در دما بر میزان شاخص سبزینگی(اسپد)..... ۷۲

۴-۲-۴- سطح برگ..... ۷۳

۴-۲-۴-۱- اثر ساده پایه و دما بر میزان سطح برگ..... ۷۳

۴-۳- همبستگی صفات..... ۷۵

۴-۴- جذب عناصر غذایی..... ۷۶

۴-۴-۱-نیتروژن..... ۷۶

۴-۴-۲-فسفر..... ۸۰

۴-۴-۳- سدیم..... ۸۴

۴-۴-۴- پتاسیم..... ۸۷

۴-۴-۵- کلسیم..... ۹۰

۴-۴-۶-منیزیم..... ۹۵

عنوان **صفحه**

۴-۵- اثرات تیمارهای دمایی مختلف بر سرعت جذب عناصر غذایی توسط ریشه پایه های پسته.۹۸

۴-۵-۱- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه پایه های پسته.....۹۹

۴-۵-۲- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب فسفر توسط ریشه پایه های پسته.....۱۰۰

۴-۵-۳- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب سدیم توسط ریشه پایه های پسته.....۱۰۲

۴-۵-۴- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب پتاسیم توسط ریشه پایه های پسته.....۱۰۲

۴-۵-۵-اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب کلسیم توسط ریشه پایه های پسته.....۱۰۴

۴-۵-۶- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب منیزیم توسط ریشه پایه های پسته.....۱۰۶

۴-۶- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال عناصر غذایی در پایه های پسته.....۱۰۹

۴-۶-۱- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال نیتروژن در پایه های پسته.....۱۰۹

۴-۶-۲- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال فسفر در پایه های پسته.....۱۱۱

۴-۶-۳- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال سدیم در پایه های پسته.....۱۱۲

۴-۶-۴- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال پتاسیم در پایه های پسته.....۱۱۳

۴-۶-۵- اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال کلسیم در پایه های پسته.....۱۱۴

۴-۶-۶-اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته.....۱۱۶

۴-۷- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب عناصر غذایی در پایه های پسته..... ۱۱۸

عنوان **صفحه**

۴-۷-۱-اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب نیتروزن در پایه های پسته.....۱۱۸

۴-۷-۲- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب فسفر در پایه های پسته.....۱۱۹

۴-۷-۳- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب سدیم در پایه های پسته.....۱۲۰

۴-۷-۴- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته.....۱۲۱

۴-۷-۵- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب کلسیم در پایه های پسته.....۱۲۳

۴-۷-۶- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته.....۱۲۴

فصل پنجم(بحث).....۱۲۷

۵-۱- خصوصیات رشدی..... ۱۲۸

۵-۲- پارامترهای فیزیولوژیکی.....۱۳۰

۵-۳- عناصر غذایی.....۱۳۲

نتیجه گیری کلی.....۱۴۵

پیشنهادات.....۱۴۷

پیوست ها.....۱۴۹

منابع.....۱۵۱

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱-تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی پایه های پسته در دماهای مختلف محیط..... ۵۸

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر وزن تر و خشک برگ..... ۶۰

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر وزن تر و خشک برگ..... ۶۰

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر وزن تر و خشک ساقه..... ۶۲

جدول ۴-۵- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر وزن تر و خشک ساقه..... ۶۲

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر وزن تر و خشک ریشه..... ۶۴

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر وزن تر و خشک ریشه..... ۶۴

جدول ۴- ۸ -تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی پایه‌های پسته در دماهای مختلف محیط..... ۶۶

جدول ۴-۹- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر صفت هدایت روزنه ای..... ۶۷

جدول ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر میزان نسبی آب بافت برگ..... ۶۹

جدول ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر صفت شاخص میزان سبزینگی (اسپد)..... ۷۱

جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر شاخص میزان سبزینگی (اسپد)..... ۷۲

جدول ۴- ۱۳-تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت نیتروژن در اندام های مختلف پایه‌های پسته..... ۷۶

جدول ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت نیتروژن برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۷۷

جدول ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت نیتروژن برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۷۸

جدول ۴- ۱۶ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت فسفر در اندام های مختلف پایه‌های پسته..... ۸۰

جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۸۱

جدول ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۸۲

جدول ۴-۱۹-تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت سدیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته..... ۸۴

جدول ۴-۲۰- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت سدیم ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۸۵

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۲۱- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت سدیم ساقه و ریشه پایه‌های پسته.....۸۶

جدول ۴- ۲۲ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت پتاسیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته.....۸۸

جدول ۴-۲۳- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت پتاسیم برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته.....۸۸

جدول ۴-۲۴- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت پتاسیم برگ و ساقه پایه‌های پسته.....۸۹

جدول ۴-۲۵- تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت کلسیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته..... ۹۱

جدول ۴-۲۶- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت کلسیم ریشه پایه‌های پسته.....۹۲

جدول۴-۲۷- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت کلسیم برگ و ریشه پایه‌های پسته.....۹۲

جدول ۴-۲۸- تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت منیزیم در اندام‌های مختلف پایه‌های پسته.....۹۵

جدول ۴-۲۹- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت منیزیم برگ ،ساقه و ریشه پایه‌های پسته..... ۹۶

جدول۴-۳۰-مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت منیزیم برگ و ساقه پایه‌های پسته.....۹۷

جدول ۴- ۳۱ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت جذب عناصر غذایی ماکرو توسط ریشه پایه‌های مختلف پسته ۹۸

جدول ۴- ۳۲-تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت انتقال عناصر غذایی ماکرو در پایه‌های مختلف پسته.....۱۰۹

جدول ۴- ۳۳ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف در پایه‌های مختلف پسته.....۱۱۸

جدول های پیوست

جدول پیوست ۱-همبستگی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ۱۵۰

نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴-۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما بر صفت تعداد برگ..... .....۵۹

نمودار ۴-۲- مقایسه میانگین اثر ساده پایه روی صفت طول ساقه.....۶۱

نمودار۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر وزن تر ریشه.....۶۵

نمودار ۴-۴- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر نسبت اندام های هوایی به ریشه.....۶۶

نمودار۴- ۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر میزان هدایت روزنه ای.....۶۸

نمودار۴ - ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب بافت برگ.....۷۰

نمودار ۴ - ۷- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما بر میزان شاخص سبزینگی.....۷۳

نمودار ۴-۸- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر میزان سطح برگ.....۷۴

نمودار ۴-۹- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر میزان سطح برگ.....۷۴

نمودار ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت نیتروژن ساقه.....۷۹

نمودار ۴- ۱۱ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت نیتروژن ریشه.....۷۹

نمودار ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت فسفر برگ.....۸۳

نمودار ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت فسفر ریشه.....۸۴

نمودار ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت سدیم ریشه ۸۷

نمودار ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت پتاسیم ساقه.....۹۰

نمودار ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت کلسیم ساقه.....۹۴

نمودار ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت کلسیم ریشه.....۹۴

نمودار ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت منیزیم ریشه.....۹۸

نمودار ۴-۱۹- مقایسه میانگین سرعت جذب نیتروژن ریشه تحت تاثیر دماهای مختلف محیط.....۹۹

نمودار ۴-۲۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب نیتروژن ریشه پایه های پسته.....۱۰۰

عنوان صفحه

نمودار ۴-۲۱ - مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب فسفر ریشه در پایه های پسته ۱۰۱
نمودار ۴-۲۲ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب فسفر ریشه در پایه های پسته ۱۰۱
نمودار ۴- ۲۳ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب سدیم ریشه پایه های پسته..... ۱۰۲
نمودار ۴- ۲۴ - مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۳
نمودار ۴- ۲۵ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته..... ....۱۰۴
نمودار ۴- ۲۶ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۴
نمودار ۴- ۲۷ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۵
نمودار ۴-۲۸- مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۶
نمودار ۴- ۲۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۶
نمودار ۴-۳۰ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۷
نمودار ۴-۳۱ - مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۸
نمودار ۴- ۳۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته.....۱۰۸
نمودار ۴-۳۳ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال نیتروژن در پایه های پسته.....۱۱۰
نمودار ۴- ۳۴ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال نیتروژن در پایه های پسته.....۱۱۰
نمودار ۴- ۳۵ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال فسفر در پایه های پسته.....۱۱۱
نمودار ۴-۳۶ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال سدیم در پایه های پسته.....۱۱۲
نمودار ۴- ۳۷ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال سدیم در پایه های پسته.....۱۱۳
نمودار ۴--۳۸- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال پتاسیم در پایه های پسته.....۱۱۴
نمودار ۴- ۳۹ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال پتاسیم در پایه های پسته.....۱۱۴
نمودار ۴- ۴۰ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال کلسیم در پایه های پسته.....۱۱۵
نمودار ۴- ۴۱ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت انتقال کلسیم در پایه های پسته.....۱۱۵
نمودار ۴- ۴۲- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته.....۱۱۶

عنوان صفحه

نمودار ۴- ۴۳ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته.....۱۱۷
نمودار ۴- ۴۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته.....۱۱۷
نمودار ۴- ۴۵- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب نیتروژن در پایه های پسته.....۱۱۹
نمودار ۴- ۴۶- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب فسفر در پایه های پسته.....۱۱۹
نمودار ۴- ۴۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب فسفردر پایه های پسته.....۱۲۰
نمودار ۴- ۴۸- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب سدیم در پایه های پسته.....۱۲۱
نمودار ۴- ۴۹- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته.....۱۲۲
نمودار ۴- ۵۰- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته.....۱۲۲
نمودار ۴- ۵۱- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب کلسیم در پایه های پسته.....۱۲۲
نمودار ۴-۵۲- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب کلسیم در پایه های پسته.....۱۲۳
نمودار ۴-۵۳- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته.....۱۲۵
نمودار ۴-۵۴- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته.....۱۲۵
نمودار ۴-۵۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته.....۱۲۶

فصل اول

مقدمه و کلیات

مقدمه

اگر چه پسته و پسته‌کاری در ایران دارای سابقه طولانی می‌باشد و ایران از نظر سطح زیر کشت، تولید و صادرات دارای رتبه اول جهانی است، اما متاسفانه روش‌های تولید محصول همگام با توسعه سطح زیرکشت آن بهبود نیافته است. این موضوع باعث شده که پسته ایران به تدریج و با ظهور رقبای جدید و قدرتمند، جایگاه انحصاری خود را از دست بدهد و اگرچه هنوز نیز دارای جایگاه ممتازی در سطح جهانی است، اما این جایگاه به طور جدی از سوی کشورهای رقیب به چالش کشیده شده است. تا سال ۱۹۸۰ رقیب جدی برای پسته ایران وجود نداشت، اما از این سال به بعد با سرمایه‌گذاری گسترده در ایالت متحده امریکا، سطح باغات به سرعت افزایش یافته و با بکارگیری روش‌های نوین باغداری در باغات پسته این کشور میزان تولید محصول افزایش یافت به گونه‌ای که این کشور از بزرگترین مصرف کننده پسته ایران به یک تولید کننده و به یک رقیب در عرصه تجارت جهانی پسته ارتقاء یافت(ابریشمی ،۱۳۷۳). یکی از مهمترین مشکلات مناطق پسته‌کاری ایران پایین بودن عملکرد پسته نسبت به سایر رقبا می‌باشد (اسماعیل پور و همکاران،۱۳۸۰). علاوه بر مسائل مربوط به آب آبیاری و کمبود آب که به نظر می‌رسد نقش اساسی در این مسئله ایفا می نماید، عدم تعادل عناصر غذایی و عدم تغذیه متعادل و مطلوب باغ‌های پسته است. ماهیت خاک‌های مناطق خشک و بالا بودن املاح محلول (نمک) و کم محلول (گچ و آهک) در خاک‌های مناطق پسته‌کاری مسئله عدم وجود تعادل در عناصر غذایی خاک و برگ مناطق پسته‌کاری را به اثبات می‌رساند. در این مناطق درختان سالیان زیادی از ذخیره عناصر غذایی خاک استفاده نموده‌اند بدون اینکه به جبران و جایگزینی علمی آنها توجه گردد، به‌طوری که باغداران تنها به کاربرد یکی دو نمونه کود ازته و فسفره آن هم نه بر اساس اصول علمی پرداخته‌اند. این مسائل باعث عدم تعادل تغذیه‌ای در باغ‌های پسته شده است. آثار این عدم تعادل ، علاوه بر کاهش عملکرد کمی و کیفی پسته به صورت

علائم مختلفی مانند حاشیه سوختگی و زردی برگ‌ها، ریز برگی یا قرمزو و لکه پوست استخوانی مشهود است و روز به روز نیز این مسائل و مشکلات ابعاد جدی‌تری به خود می‌گیرد. از طرفی در دهه‌های اخیر گرم شدن کره زمین باعث تغییرات جوی شده که این مهم باعث اختلالات فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای شده است. در سال‌هایی که سطح خاک خیلی گرم و یا خیلی سرد می‌باشد تغییراتی در رشد و تولید پسته در مناطق مهم پسته کاری مشاهده شده است که به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی آن تغییرات درجه حرارت در ناحیه ریشه می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر سعی شده است بررسی لازم در خصوص سؤال‌های زیر صورت گیرد :

- پایه‌های مختلف در مقابل درجه حرارت‌های مختلف چه عکس العمل‌هایی نشان می‌دهند؟
- تاثیر دماهای مختلف محیط بر جذب عناصر پرمصرف و توزیع آنها بین ریشه و ساقه و برگ چگونه است؟
- چه تغییرات فیزیولوژیکی و رشدی در پایه‌های مختلف تحت تاثیر دماهای مختلف محیط بوجود خواهد آمد؟
- روند جذب عناصر غذایی پرمصرف در پایه‌های مختلف تحت شرایط دمایی مختلف محیط چگونه است؟

کلیات

۱-۱- سابقه تاریخی و اهمیت پسته

محصول پسته از زمان‌های قدیم در میان ایرانیان از ارزش و اهمیت والایی برخوردار بوده است و در نواحی چون خراسان و ماورالنهر کشت می‌شده است. کشور ایران در طول سال‌های گذشته با توجه به تجزیه بخش‌های وسیع و پهناوری از مناطق پسته‌خیز خود هنوز مهم ترین تولیدکننده پسته جهان است. بی تردید می‌توان گفت هیچ یک از ملل جهان سابقه و تجارت ایرانیان را در باب امور زراعت و تجارت پسته ندارند. مبدا هر درختی بطور مسلم رویشگاه طبیعی آن است، با توجه به مستندات تاریخی مبدا درختان پسته محدوده‌ای در قلمرو ایران بوده است. سرزمینی که بعدها پارت و سپس خراسان نام گرفته است. حد غربی دامنه رویش این گیاه تا نواحی نیشابور و حد شرقی دامنه رویش این گیاه تا نواحی بلخ در دو سوی رود جیحون بوده است. دامنه این درختان تا سرزمین‌های شمالی رود جیحون که مرز طبیعی شمال خراسان یعنی تا ماورالنهر و بخش‌هایی از خراسان قدیم و جمهوری‌های تازه استقلال یافته‌ای چون ترکمنستان، ازبکستان، تاجیکستان و قسمتی از کشور افغانستان را تشکیل می‌دهد. به طور کلی جغرافیای جنگلی ایران نشان می‌دهد که درختان پسته جنگلی در ایران به غیر از منطقه جنگلی شمالی (حوزه خزر) و منطقه خشک و کویر مرکزی در اغلب ارتفاعات، کم و بیش به صورت پراکنده روئیده‌اند. در حال حاضر مناطق رویش درختان پسته اهلی و وحشی ایران در عرض جغرافیایی ۲۷ تا ۳۷ درجه شمالی و ارتفاع ۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده‌اند. هرودوت مورخ مشهور یونانی نیز در نوشته‌های خود اشاراتی به کشت پسته در ایران کرده‌است. بنابراین درخت پسته در ایران قدمتی به درازای تاریخ ایران دارد و گمان می‌رود که این محصول از چهار هزار سال پیش در ایران کشت می‌شده‌است. نام این درخت در پارسی قدیم پیستاکا و در پارسی میانه یا پهلوی، پیستاک بوده است که در فارسی متاخر پسته تلفظ شده‌است. سابقه کشت پسته در دامغان، سمنان و قزوین را به قرن هفتم هجری و در استان کرمان به قرن

دوازدهم هجری می‌رسد. کشت پسته در سایر نقاط ایران سابقه ۲۰۰-۱۵۰ ساله دارد. به‌رغم سابقه طولانی کشت پسته در ایران، پسته‌کاری در دهه‌های اخیر توسعه بیش از پیش فزاینده‌ای داشته است(ابریشمی، ۱۳۷۳).

۱-۲- گیاه شناسی پسته

درخت پسته اهلی (*Pistacia vera* L.) متعلق به تیره آناکاردیاسه است. گیاهان این تیره به صورت درخت یا درختچه هستند. گیاهان این تیره در مجموع از ۷۵ جنس و۶۰۰ گونه تشکیل یافته که بیشتر در مناطق بین استوایی و معتدله پراکنده است. جنس Pistacia دارای ۱۱گونه است که سه گونه آن در ایران شناسایی شده است و از این ۱۱ گونه تنها *P .vera* یا پسته اهلی است که میوه هایش ارزش خوراکی و اقتصادی دارد و سایر گونه‌ها بیشتر به عنوان پایه و یا در کارهای اصلاحی پسته مورد استفاده قرار می‌گیرند(ابریشمی، ۱۳۷۳)

پسته گیاهی دوپایه است و هر دوگل آذین‌های نر و ماده، خوشه‌ای مرکب هستند و شامل ده تا چند صدگل منفرد هستند گل‌های نر خوشه‌ای، بیضی شکل، متراکم و سبز رنگ است. برگک‌های قرمز رنگ در پای هر خوشچه وجود دارد که این برگک‌های قرمز به مرور کم خواهد شد. هر یک از گلها دارای پرچم ولی فاقد گلبرگ است که با کاسبرگ سبزرنگ احاطه شده‌است. گل ماده نیز خوشه‌ای، مخروطی شکل و سبز رنگ است و هر گل بدون گلبرگ با سه کاسبرگ و یک کلاله سه قسمتی پهن است زمان گل‌دهی ارقام نر و ماده ممکن است ۲-۱ هفته با هم تفاوت داشته‌باشد(Spiegel-Roy, 1991).

گل‌های ماده دارای تخمدان سه برچه‌ای هستند که در اغلب فقط یک برچه به میوه تبدیل می‌شود. کلاله سه قسمتی که قبل از تلقیح به رنگ سبز مایل به شیری بوده، پس از تلقیح به رنگ قرمز و سپس قهوه‌ای تبدیل می‌شود. تخمدان فوقانی و میوه آن شفت و نیمه خشک و ناشکوفا می‌باشد (Spiegel-Roy, 1991).

ریشه‌زائی درخت پسته به صورت محوری و عمودی است و تا عمق بیش از دو متر داخل خاک فرو می‌رود. سیستم ریشه زائی عمقی، درخت را قادر می‌سازد تا به اعماق خاک نفوذ کرده و از آب و مواد موجود در آن به خوبی تغذیه نماید. از این رو درختان پسته قابلیت سازش با دوره‌های طولانی خشکسالی را دارند. قدرت تولید ریشه فرعی در درخت پسته خیلی ضعیف است و هرگاه انتهای ریشه اصلی قطع شود درخت خشک شده و از بین می‌رود(Spiegel-Roy,1985;Crane،1985).

مرحله نونهالی درخت پسته طولانی است. سن باروری بر حسب رقم همان ۸-۵ سالگی است و گیاه در ۴۰-۱۵ سالگی، بیشترین محصول خود را تولید می‌کند. درخت پسته عادت به رشد عمودی دارد، به نحوی که رشد سریع جوانه انتهائی از رشد جوانه‌های جانبی در درختان مسن‌تر جلوگیری می‌کند. این ویژگی‌ها بر نحوه تربیت نهال‌های جوان، هرس درختان بالغ و جوان‌سازی درختان مسن‌تر تاثیر زیادی دارد.

۱-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید پسته در جهان و ایران

بر اساس آمار منتشر شده از سوی سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو) در سال۲۰۱۲میلادی از میان ۲۱ کشور تولید کننده پسته در جهان، ایران، ایالات متحده آمریکا، ترکیه، چین، سوریه، یونان و ایتالیا به ترتیب عمده‌ترین کشورهای تولید کننده این محصول به‌شمار می‌روند.

بر اساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی ایران میزان تولید پسته در سال ۱۳۹۲ به میزان ۲۲۵ هزار تن بود که ۴۶ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده‌است. از طرفی سطح زیر کشت پسته در سال ۱۳۹۲ بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی ۳۶۸ هزار هکتار است، که ۸۲/۵ درصد سطح زیر کشت درختان بارور و ۱۷/۵ درصد سطح زیرکشت درختان نهال می‌باشد.۵۷ درصد سطح زیر کشت درختان بارور و غیر بارور در استان کرمان قرار دارد که بزرگترین منطقه کشت این محصول

می‌باشد و استان‌های خراسان رضوی و یزد به ترتیب با ۱۳/۵ و ۸/۵ درصد سطح زیر کشت درختان بارور و غیر بارور مقام‌های دوم و سوم را دارا می باشند.

محصول پسته هم از نظر صادرات و هم از نظر اقتصاد دارای اهمیت بسیاری می‌باشد و بعد از نفت و فرش، سومین محصول صادراتی کشور است. به طور میانگین ۷۰ درصد پسته تولیدی به خارج از کشور صادر می‌گردد که این میزان در سال ۱۳۹۳ به بیش از ۱۸۰ هزار تن از نظر وزنی و بیش از ۱۲۰۰ میلیون دلار از نظر ارزش ریالی رسید که در چند سال اخیر این میزان صادرات در نوع خود بی‌سابقه بود.

۱-۴- نیازهای اکولوژیکی درخت پسته

پسته برای تولید مطلوب هم از لحاظ کمی و کیفی محصول، نیازمند شرایط محیطی مناسب است. از نظر شرایط آب و هوایی درخت پسته در مناطقی که دارای زمستان خیلی سرد و تابستان خیلی گرم و طولانی باشد، به خوبی رشد می‌کند. ارتفاع مناسب کشت پسته از سطح دریا ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ متر می‌باشد. در بیشتر مناطق ایران درخت پسته در عرض جغرافیایی بین ۲۸ تا ۳۲ درجه به عمل می‌آید. درخت پسته در تابستان تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و در زمستان تا ۲۰ درجه زیر صفر را تحمل می‌نماید (پناهی و همکاران، ۱۳۷۹). از نظر رطوبت نسبی هوا و خاک، پسته به رطوبت هوا و خاک حساس می باشد، چرا که با بالا رفتن رطوبت نسبی بیشتر از ۳۵٪ بیماری‌های قارچی شدت یافته و باعث مرگ تدریجی درخت می‌گردد. از طرف دیگر رطوبت نسبی بالای محیط باعث اختلال در گرده‌افشانی و تشدید فعالیت قارچ ورتیسیلیوم می‌گردد. از دیگر ویژگی‌های پسته مقاوم بودن این درخت در مقابل خشکی و کم‌آبی است و در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر نباشد می‌تواند بدون آبیاری به رشد خود ادامه دهد. پسته جهت بارآوری و میوه دادن به ۱۰۰۰ ساعت سرمای بین ۷-۰ درجه سانتی‌گراد نیازمند می‌باشد، در غیر این صورت محصول دهی آن غیر ممکن خواهد بود. همچنین ارقامی که در بهار زود گل می‌دهند بر اثر سرمای بهاره دچار سرمازدگی می‌گردند(پناهی و همکاران، ۱۳۷۹). از

نظر شرایط خاک، پسته در هر نوع خاک زراعی قابل کشت است، ولی بیشتر طالب خاک‌های لیمونی، سبک و عمیق می‌باشد. در خاک‌های سنگین به علت افزایش رطوبت در منطقه فعال ریشه، احتمال ابتلا به بیماری گموز افزایش می‌یابد. در خاک‌های سنگین رشد درخت پسته کند خواهد بود. از نظر شوری خاک و آب پسته تا حدودی به شوری مقاوم است ولیکن نمک دوست نبوده و در شوری‌های بالای خاک و آب، رشد و عملکرد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

۱-۵-پایه‌های پسته و ویژگی‌های کلی آنها

بیش از ۹۵ درصد پایه‌های پسته در ایران پایه‌های بذری ارقام پسته اهلی (خوراکی) می‌باشند، این پایه سازگاری مطلوبی با پیوندک تمامی ارقام مختلف دارد و همچنین به دامنه دمایی ۴۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد تحمل دارد، گونه‌ای مقاوم به کم آبی و شوری ولی حساس به نماتد، گموز و ورتیسیلیوم می‌باشد و ارقام رایج به عنوان پایه شامل سرخسی (رقم وحشی گونه ورا)، بادامی زرند و قزوینی می‌باشد.

۱-۵-۱- گونه کسور

گونه کسور یا چاتلانقوش درختانی کوچک به طول ۷-۳ متر هستند. درختی مقاوم به خشکی ولی حساس به نماتد، گموز و ورتیسیلیوم می‌باشد.

۱-۵-۲- گونه آتلانتیکا

گونه آتلانتیکا گونه‌ای به نسبت پر رشد و دارای ارتفاع تا ۲۰متر می‌باشد. مقاوم به نماتد و گموز ولی حساس به ورتیسیلیوم می‌باشد.

۱-۵-۳- گونه بنه

گونه بنه که برخی از گیاه شناسان آن را زیر گونه آتلانتیکا می‌دانند، دارای ارتفاع ۳ تا ۱۲-۱۰ متر می‌باشد. دارای صمغ معطر به نام سقز است، گیاهی مقاوم به خشکی و دارای مقاومت نسبی به نماتد ولی حساس به شوری، گموز و ورتیسیلیوم می‌باشد.

۱-۵-۴- گونه اینتگریما

گونه اینتگریما که برخی از گیاه شناسان آن را زیر گونه *pistasia chinensis* می‌دانند، گونه‌ای پر رشد، سازگار با پیوندک‌ها و مقاوم به ورتیسیلیوم می‌باشد. نام تجاری این پایه در آمریکا PGI می باشد.

۱-۵-۵- گونه تریبنتوس

گونه تریبنتوس درختی کوچک به طول ۵-۲ متر می‌باشد. مقاوم به نماتد،گموز و شوری خاک ولی حساس به ورتیسیلیوم می‌باشد.

۱-۵-۶- پایه‌های دورگ

هیبریدهای بین گونه‌ای شامل پایه تجاری PGII[1] که حاصل که گرده افشانی آزاد بین گونه‌ای آتلانتیکا به عنوان پایه والد مادری و گونه اینتگریما به عنوان پایه والد پدری و هم چنین پایه تجاری UCBI[2] که حاصل تلاقی کنترل شده (بسته) بین دو درخت گزینش شده از دو پایه فوق می‌باشند. پایه اخیر پر رشد، زود بارده و مقاوم به بیماری‌ها می‌باشد

1-Pioneer Gold II
2-University of California Bereeley I

۱-۶- دمای خاک

یکی از عوامل مهمی که بر رشد و نمو گیاهان موثر بوده و کنترل آن در حد متعادل زمینه رسیدن به حداکثر محصول را فراهم می‌کند دمای خاک می‌باشد. دمای خاک بر رشد ریشه، جوانه زدن و سبز شدن بذر، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه تامین و نیز سرعت جذب مواد غذایی مورد نیاز گیاه موثر است. همچنین اختلاف دمای نقاط و لایه‌های مختلف خاک عامل موثری در انتقال و حرکت آب در خاک می‌باشد. منبع اصلی حرارت خاک تابش خورشید بر سطح زمین است. اما دمای خاک‌هایی که دارای مقدار زیادی مواد آلی در حال تجزیه سریع می‌باشند، از وضعیت تابش خورشید مستقل است. هرگاه خاک تحت تابش اشعه حرارتی قرار گیرد، مقداری از حرارت رسیده به سطح خاک جذب لایه سطحی خاک شده و به تدریج به لایه‌های زیرین انتقال می‌یابد. گرمای ویژه و ظرفیت هدایت حرارتی خاک با افزایش درصد رطوبت بالا رفته و در خاک‌های اشباع از آب، به چند برابر خاک‌های خشک می‌رسد. خاک‌های مرطوب حرارت را بهتر به اعماق خاک انتقال داده و درجه حرارت آنها نیز دیرتر بالا می‌رود. عامل دیگری که موجب سرد شدن خاک‌های مرطوب می‌شود، هدر رفت انرژی حرارتی توسط تبخیر آب از سطح خاک می‌باشد. میزان ماده آلی خاک نیز بر دمای آن موثر است. گرمای ویژه هوموس از اجزاء معدنی خاک بیشتر است. پس، هرچه درصد ماده آلی خاک افزایش یابد، دیرتر گرم می‌شود. این عامل مستقل از حرارت تولیدی ناشی از تجزیه ماده آلی و از اثر هوموس بر رنگ خاک عمل می‌نماید. با این وجود، دمای خاک یکی از اصول مهم در تولید گیاه است شاید بخشی از افزایش دما ناشی از گرم شدن کره زمین به دلیل فعالیت‌های بشر و تغییر اقلیم باشد. بدون توجه به دمای خاک ما درکی از روابط متقابل و دائمی بین موجودات زنده و بخش‌های غیر زنده در سیستم گیاه و خاک در دو بعد زمان و فضا نخواهیم داشت. به عنوان مثال دمای خاک نه فقط بر روی سرعت و ثبات برهم‌کنش شیمیایی خاک و ظرفیت آب خاک و انتقال مواد غذایی در خاک تاثیرگذار است، بلکه به طور همزمان بر جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاه و جذب

یون‌ها، رشد ریشه و عملکرد میکرو ارگانیسم‌ها خاک تاثیر گذار است. در حقیقت تمام فرآیندهایی که در خاک اتفاق می‌افتد، از هوازدگی کانی‌های اولیه تا تغذیه گیاه و ذخیره کربن‌های آلی به شدت تحت تاثیر دمای خاک هستند. جذب عناصر غذایی ویژه، توسط گیاه به وسیله فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی زیادی کنترل می‌شود، که همگی به دمای خاک حساس هستند. بنابراین دمای خاک اثرات مهمی بر تولیدات اولیه اکوسیستم‌های خاکی در سراسر جهان دارد (Gliński and Lipiec,1990; Bowen, 1991 McMichael and Burke, 1996;1998 Pregitzer *et al* 2000). دمای خاک به وسیله توازن پرتوهای ورودی با طول موج کوتاه و خروجی با طول موج بلند تعیین می‌شود که اساس تغییرات پیوسته دمای روزانه و فصلی است. عامل اصلی و تعیین کننده در رژیم‌های دمایی خاک، حفظ مقدار تشعشاتی است که به سطح زمین می‌رسد که حفظ این مقدار تشعشعات به عواملی مانند عرض جغرافیایی، زمان، سال و هوای ابری بستگی دارد. عرض جغرافیایی تاثیر معنی‌داری بر روی دمای خاک دارد خاک‌های ارتفاعات کم در بهار نسبت به ارتفاعات بلندتر زودتر و بیشتر گرم می‌شوند. اینکه چه مقدار از تشعشعات خورشید به زمین می‌رسد و توسط خاک جذب می‌شود. به بخش‌های با سطوح آلبدو بزرگتر، زاویه خورشید، میزان پوشش گیاهی سطح خاک، بقایای مواد آلی و سنگریزه و برف بستگی دارد. پوشش‌های گیاهی عموما آلبدو را کاهش می‌دهد و این می‌تواند بر تعادل انرژی در اکوسیستم‌های که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر واقع شده‌اند شدیدا تاثیر گذار باشد. هم چنین نشان داده شده است که گیاهان علفی از جنس *Eriophorum vaginautm* رژیم‌های دمایی خاک و چرخه عناصر غذایی توندرا واقع در آلاسکا را بهبود بخشیده است. قسمتی از عایق بودن گیاه ناشی از تجمع لایه‌ای از بقایای ارگانیک در سطح خاک است که می‌تواند وفور نوسان‌های دمایی روزانه و فصلی را کاهش دهد. بافت خاک هم می‌تواند بر توانایی انتقال و ذخایر انرژی خاک تاثیر گذار باشد. جوری[1] و همکارانش در سال ۱۹۹۱با گردآوری نتایج چندین مطالعه

1-Jury et al

گزارش کردند، زمانی کانی‌ها دارای بیشترین میزان هدایت گرمایی هستند که اجزاء ترکیبی آنها در فاز جامد مشابه هم باشد. به طور عمده تفاوت بین مواد معدنی جامد ناشی از محتوای آب و مقدار چگالی آنهاست. چرخه‌های هیدرولیکی در کنترل دمای خاک اهمیت بسیاری دارند به ویژه زمانی که خاک فاقد پوشش گیاهی است، محتوای رطوبتی و رنگ خاک، تعیین کننده اصلی آلبدو می‌باشند. هانکز و آشکروفت[1] در سال ۱۹۸۰ بیان کردند که خاک‌های تیره، انرژی بیشتری نسبت به خاک‌های روشن جذب می‌کنند و عملا خاک‌های تیره مرطوب جذب بهتری دارند. با وجود اینکه انرژی قابل استفاده خاک در عرض‌های جغرافیایی بالاتر کاهش می‌یابد، لذا پوشش برف می‌تواند به عنوان یک عایق جهت به تاخیر انداختن و از دست دادن گرمای خاک، در عرض‌های جغرافیایی بالا عمل کند. در عرض‌های جغرافیایی متوسط یک رابطه عکس بین عمق و انباشتگی برف و عمق و انجماد خاک وجود دارد (Strahler and Strahler, 1983) . ظرفیت رطوبتی خاک نیز تاثیر زیادی بر ظرفیت دمایی و ضریب هدایتی خاک دارد از این رو دما، تبخیر و تعرق آب از سطح خاک که با جابجایی نهان گرما از سطح خاک همراه است سبب سرد شدن خاک می‌شود. سومرال[2] و همکاران در سال ۱۹۹۱مشاهده کردند ماکزیمم دمای خاک خشک در مرغزارهای نیمه بیابانی سوزان در آریزونا در عمق یک سانتی متری۶۰°C درجه سانتی‌گراد است در حالی‌که دمای خاک‌های خیس بعد از فصول بارانی تابستان صرفا تا حدود ۴۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. اندکی از اکولوژیست‌ها با توجه به بعضی از مدل‌های هیدرولیکی دریافتند که انتقال مستقیم گرما از اتمسفر به خاک توسط آب باران صورت می‌گیرد (Bristow *et al*, 1986) در نهایت سیستم‌های دون پایه مثل مرداب‌ها، باتلاق‌ها نیز می‌توانند تاثیر غالبی بر دمای خاک داشته باشند (Nichols, 1998).از عوامل دیگری که سبب افزایش دمای خاک می‌شود، می‌توان به شیوه‌های آماده سازی زمین جهت کشت و اثراتی که این شیوه‌ها بر روی پوشش گیاهی و محتوی رطوبتی خاک دارند اشاره کرد مانند لبه تیز

1-Hanks and Ashcroft
2-Sumrall *et al*

گاوآهن در هنگام شخم زدن به سبب حذف گیاهان دمای خاک را افزایش داده و هدایت گرمایی را در ترکیبی از افق‌های آلی و معدنی خاک بهبود می‌بخشد (Spittlehouse and Stathers, 1990). استفاده از مالچ‌های با رنگ‌های تیره مثل پلاستیک نسبت به آب نفوذپذیرند آلبدوی خاک را کاهش داده و دمای خاک را طور معنی‌داری افزایش می‌دهند به طوری‌که ایجاد جوی و پشته درعرض های جغرافیایی بالا می‌تواند یکی از راه‌های مهم برای گسترش (توسعه) فصل رشد در این مناطق باشد استفاده از مالچ‌های با رنگ روشن مانند پس مانده‌های موادآلی تاثیر معکوس داشته و باعث سردی خاک و از دست دادن آب از خاک را کاهش می‌دهد و این می‌تواند در اقلیم‌های گرم بسیار مهم باشد

۱-۶-۱- تغییرات دمای خاک

پیشروی روزانه و فصلی دمای خاک نشان دهنده الگوی مشخص و رایجی از شرایط جوی است در طول یک، فصل رشد دمای خاک نزدیک سطح زمین بین ساعات نیمه شب تا طلوع صبح کمترین مقدار است به همان اندازه که زاویه تابش خورشید افزایش می‌یابد دمای خاک نیز در هنگام ظهر به اوج خود می‌رسد و پس از آن به تدریج کاهش می‌یابد و گسترش سیگنال‌های روزانه نیز کم می‌شود و اوج این کاهش دما به تدریج در اواخر روز است که این تاخیر زمانی تحمیل شده ناشی از هدایت درونی گرمای خاک است در اعماق متوسط زمین تغییرات روزانه دمای خاک به طور کامل کاهش می‌یابد و دمای خاک نزدیک میانگین دمای سالانه باقی می‌ماند (Strahler and Strahler, 1983). در زمستان نیم‌رخ دمای خاک معکوس شده و گرمترین خاک‌ها در اعماق یافت می‌شوند در اعماق، دمای خاک در جهتی که سطح و سیگنال‌های روزانه وسعت خیلی کمتری دارند کاهش می‌یابد در طی سال الگوی را که دمای خاک نشان می‌دهد بسیار شبیه الگوی سیگنال‌های روزانه است و کمترین دماها در اواخر زمستان به دست می‌آیند و به سرعت در طول بهار دمای خاک بالا می‌رود و سپس با تغییر فصل مقدار تجمع گرما افزایش

می‌یابد اوج دمای خاک در اواخر تابستان و به تدریج در روزهای باقیمانده سال کاهش می‌یابد با افزایش عمق، وسعت و فراوانی سیگنال‌های فصلی نیز کاهش می‌یابد.

۱-۶-۲- اثرات دمای خاک بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

ظرفیت خاک برای تامین عناصر غذایی جهت رشد گیاه تابعی از مقدار نهایی مواد غذایی موجود در فاز جامد (بخش اعظم مواد غذایی) و کسر کوچکتری که در تعادل بین محلول خاک و مکان‌های تبادلی ویژه رس و مواد آلی است. دمای خاک دارای دو تاثیر بلند مدت و کوتاه مدت بر ظرفیت خاک است در بلند مدت در خاک‌های گرم یا خاک‌های با رژیم‌های دمایی بالا سرعت هوازدگی و تجزیه کانی‌ها و مواد آلی افزایش می‌یابد که سبب افزایش میزان رس‌هایی با فعالیت کاتیونی پایین و کاهش ماده آلی و این به نوبه خود دارای دو تاثیر است اول ذرات رس هوازده مانند کائولینیت افزایش می‌یابد که به طور عمده از هیدروکسیدهای آهن و آلومینیم تشکیل شده و در بلند مدت و زمانی که بیشتر عناصر مهم برای تغذیه گیاه مثل کلسیم و منیزیم از دست می‌رود و ذخایر تغذیه‌ای گیاه کاهش می‌یابد می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد و ثانیا این رس‌ها با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی کم عناصر غذایی را در خود نگه می‌دارد و احتمالا از طریق فرآیند معدنی شدن و تخریب شیمیایی این عناصر غذایی ذخیره شده را در دسترس گیاه قرار می‌دهند. در کوتاه مدت نیز دمای خاک از طریق اثراتی که روی آب خاک، برهمکنش‌های شیمیایی و انتقال موادغذایی دارد بر جذب مواد غذایی توسط گیاه تاثیر می‌گذارد(Pregitzer and King, 2005).

۱-۶-۲-۱- آب خاک

با توجه به اینکه بیشتر واکنش‌های شیمیایی و انتقال مواد غذایی در آب اتفاق می‌افتد و اینکه چگونه دمای خاک میزان آب خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثرات مستقیمی که بر جذب مواد غذایی‌دارد

برآورد شده است که تنها ۱درصد مواد غذایی به واسطه جداسازی مستقیم به سطح سیستم‌های ریشه‌ای گیاه می‌رسد در حالی که ۹۹ درصد باقیمانده توسط جریان توده‌ای و انتشار به ریشه منتقل می‌شود (تعرق و پراکندگی هیدرودینامیکی) با این وجود جداسازی مستقیم در جذب عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر اهمیت فراوانی دارد. باربر و همکاران [1]در سال(۱۹۸۹)بیان کردند بارزترین و مهم‌ترین تاثیر دمای خاک روی آب خاک افزایش سرعت و عمق تبخیر با افزایش دمای خاک بویژه در مواقعی است که تهیه آب با محدودیت همراه است. پالاز و همکاران [2] در سال(۱۹۹۲) گزارش کردند رابطه معکوس و قوی بین دمای خاک و پتانسیل آب خاک (عمق ۵ سانتی متر) در اکوسیستم پروسوپس [3] در ناحیه نیمه خشک آرژانتین وجود دارد. خاک خشک نه تنها از انتشار و جریان توده‌ای مواد غذایی جلوگیری می‌کند بلکه ممکن است منجر به افزایش موانع مکانیکی برای رشد ریشه شود و به موجب آن باعث محدودیت در جداسازی مواد غذایی می‌شود(Bennie, 1991).

۱-۶-۲-۲- انتقال موادغذایی

یکی از عوامل تعیین کننده جریان مواد غذایی در خاک، دمای خاک است. دمای خاک اثرات معنی‌داری بر روی ویسکوزیته آب دارد که رابطه عکس با دما دارد و تقریبا به صورت خطی است $r^2 = 0.94$ بدیهی است افزایش ویسکوزیته در دماهای پایین سرعت جذب آب بوسیله ریشه و انتقال آب به گیاه را کاهش می‌دهد (Johnson and Thornley, 1985; Kramer and Boyer, 1995;Wan et al, 2001) بنابراین سرعت انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها توسط جریان توده‌ای کاهش می‌یابد و همین طور انتقال مواد غذایی از ناحیه‌ای با غلظت زیاد به ناحیه‌ای با غلظت کمتر توسط فرآیند انتشار به طور مستقیم تحت تاثیر دمای خاک است انتشار گونه‌های گازی در خاک یا محلول در فاز آبی معمولا توسط

1-Barber *et al*
2-Palaez *et al*
3-Prosopis ecosystems

قانون اول فیک[1](رابطه ۱- ۱) توصیف می‌شود که مطابق با قانون فیک تحرک و جا به جایی مولکول‌ها، به دلیل وجود یک شیب غلظت و یا یک شیب شیمیایی صورت می‌گیرد و تا زمان برقراری تعادل ادامه می‌یابد(Hillel, 1998).

$$J_d = -D_s \theta dc/dx$$ (رابطه ۱- ۱)

در رابطه فوق

j_d= سرعت جریان یون

D_s= ضریب انتشار با احتساب فضای ویژه منافذ ریز و پیچیده

θ= کسری حجم آب

$d_{c/}d_x$= شیب غلظت گونه d

در بیشتر بحث‌های انتشار بزرگی شیب غلظت مورد تاکید بوده که به عنوان محرک اصلی سرعت جریان است و دما بر j_d تاثیر دارد زیرا D_s با افزایش دمای مطلق افزایش خطی را نشان می دهد(Weast,1978) بنابراین عناصر غذایی که عمدتا به وسیله انتشار منتقل می‌شوند تحرک خیلی بیشتری در خاک‌های گرم دارند.

۱-۶-۲-۳- برهم کنش‌های شیمیایی

به طور کلی سرعتی که مواد غذایی بوسیله ریشه گیاه جذب می‌شود متناسب با غلظت آنها در محلول خاک نزدیک ریشه است (Marschner, 1995) بنابراین هر عاملی که بر غلظت مواد غذایی در محلول خاک تاثیر گذار باشد، اثرات زیادی بر جذب مواد غذایی و رشد گیاه دارد تمام برهم‌کنش‌های

1-Fick’s low

شیمیایی که در خاک اتفاق می‌افتد، شامل هوازدگی کانی‌ها (Sparks, 1995)، واسطه‌های بیولوژیکی تغییر شکل نیتروژن (Paul and Clark, 1996) و بیشتر برهم‌کنش یون‌های غذایی در محلول خاک (Sposito, 1994) قویا و شدیدا تحت تاثیر دمای خاک هستند. رابطه غیر خطی بین سرعت واکنش‌های شیمیایی و دما در سال ۱۸۸۸بوسیله آرهنیوس توصیف شده بود (Brown and LeMay,1981).

معادله آرهنیوس $K=A_f e\, Ea/_{RT}$

K= سرعت ثابت واکنش

A_f= فراوانی بر خورد های مولکولی

e= لگاریتم طبیعی پایه

Ea= انرژی فعال برای واکنش

R= ثابت گاز

T= دمای مطلق

از شکل خطی این رابطه $\ln K = \ln A_f\ Ea/_{RT}$ استفاده زیادی شده است و این رابطه بین دما و فرآیندهای مختلفی که ممکن است بر جذب مواد غذایی تاثیر داشته باشد(Johnson and Thornley, 1985) از جمله جذب آب (Feng *et al*, 1990; Kramer and Boyer, 1995) تنفس ریشه (Gliński and Lipiec,1990) و اکسیداسیون NH_4^+ و NO_2^- به ترتیب بوسیله نیتروزموناس و نیتروباکتر(Wong-Chong and Loehr, 1978) شرح داده شده است. بنابراین فرآیندهای بیشماری که در خاک، اتفاق می‌افتد، چه زیستی و چه غیرزیستی، کنترل غلظت‌های مواد غذایی در محلول خاک، سرعت همه این فرآیندها در خاک‌های گرم تسریع می‌شود. می‌توان نسبت به این ترکیب سرعت واکنش‌های شیمیایی از

جمله هوازدگی سنگ‌ها، تجزیه مواد آلی و برهم کنش‌های تبادلی بین فازهای جامد و محلول خاک را نیز اضافه کرد به علاوه کاهش ویسکوزیته آب سرعت جریان توده‌ای را افزایش می‌دهد که به احتمال انتقال مواد غذایی توسط فرآیند انتشار در دماهای بالا افزایش می‌یابد. جاسلین و وولف[1] در سال (۱۹۹۳)گزارش کردند که خاک‌های گرم و رو به آفتاب واقع در ارتفاعات که درختان صنوبر در آن محل قطع شده بودند میانگین فصلی غلظت یون‌های محلول نیترات، منیزیم و آلومینیوم بیشتری را در مقایسه با خاک‌های سرد سمت سایه به خود اختصاص داده بودند. هرچند دسترسی به عناصر غذایی در کوتاه مدت افزایش یافته بود اما آبشویی فصلی نیترات و منیزیم به دلیل گرم شدن خاک از این مکان ۳۰ تا۳۳ درصد بیشتر بود و نویسندگان بر این باورند که این می تواند در طول زمان بر تغذیه جنگل اثرات نامطلوب داشته باشد.

۱-۶-۳- تاثیر دمای خاک بر روی بیولوژی ریشه

دمای خاک به همراه اثرات شیمیایی و فیزیکی بر روی غلظت و انتقال عناصر غذایی خاک، بر جذب عناصر غذایی بواسطه تاثیر مستقیمی که بر روی رشد و فیزیولوژی سیستم ریشه‌ای گیاه دارد تاثیر می گذارد. مقدار و مدت زمان رشد ریشه، مرفولوژی ریشه، توزیع ریشه‌های فضایی همه می‌توانند تحت تاثیر دمای خاک باشند به علاوه دمای خاک می‌تواند سرعت ویژه جذب یون‌ها، تنفس ریشه، نفوذ پذیری غشاء سلولی و سرعت انتقال مواد را در آوند چوبی تغییر دهد.

۱-۶-۳-۱- مرفولوژی و رشد ریشه

سیستم ریشه در گیاهان چند ساله به ویژه درختان چوبی اهمیت زیادی دارد. اگر چه بخش عمده ریشه‌ها زبر و ضخیم هستند و بیشتر به عنوان تکیه‌گاه برای گیاه عمل می‌کنند اما ریشه‌های با قطر نازک

1-Joslin and Wolfe

برای جذب آب، موادغذایی و انتقال اهمیت بیشتری دارند(Eissenstat, 1992; Kramer and Boyer, 1995; Fitter, 1996). در مقاله مروری (Lyr and Hoffmann, 1967) عنوان شده است که اگر همه فاکتورهای دیگر ثابت بمانند رشد ریشه با افزایش دمای خاک افزایش می‌یابد. تولید بیوماس و طول ریشه در دماهای پایین در مقدار کم آغاز می‌شود و سپس با بالا رفتن دما تا یک حد اپتیمم افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما کاهش می‌یابد. این قبیل عکس العمل‌های دمایی مربوط به گیاهان زراعی (Gliński and Lipiec, 1990) و تعداد کمی از گونه‌های درختان جنگلی (Lyr and Hoffmann 1967; Teskey and Hinckley 1981; Kuhns et al, 1985)است. دامنه از دمای خاک که در آن رشد ریشه آغاز می‌شود و سپس کاهش می‌یابد در گونه‌های مختلف وابسته به شرایط محیطی است که گیاه در آن رشد می‌کند. رشد ریشه گیاهانی که به اقلیم‌های سرد سازگار شده‌اند معمولا به دامنه‌های دمایی پایین‌تر عکس العمل بهتری نشان می‌دهند تا نسبت به آب و هوای گرمتر و بالعکس(Gliński and Lipiec,1990). لیر و هوف‌من[1] در سال(۱۹۶۷)خاطر نشان کردند چنین اطلاعاتی عموما بهترین وضعیت فیزیولوژیکی را نسبت به بهترین وضعیت اکولوژیکی نشان می‌دهد زیرا دماهای به کار برده شده در کنترل آزمایشات محیطی به‌ندرت در خاک آزمایش می‌شوند مطالعات اندکی در رابطه با تاثیر دمای خاک بر تخصیص کربن بین ریشه‌های ضخیم و نازک به خصوص ریشه‌های نازک که صفت مهمی برای جذب عناصر غذایی هستند انجام شده است در همین رابطه کینگ و همکاران[2] در سال(۱۹۹۶)گزارش کردند دماهای بالای خاک و هوا (C ۵+)بیوماس ریشه‌های ظریف کاج تدا و پوندروسا را به میزان اندکی افزایش داد. یک مکانیسم بالقوه برای افزایش رشد ریشه در خاک‌های گرم‌تر رابطه نزدیک بین مخزن و مصرف (بخش‌های بالایی و پایینی گیاه) است که این موضوع توسط دای و

1-Lyr and Hoffmann
2-King *et al*

همکاران[1] (۱۹۹۱)، لندهایسر و همکاران [2](۱۹۹۶)، اسچاوارز و همکاران [3](۱۹۹۷) مطرح شده است. دمای بالای خاک سرعت فتوسنتز را به خاطر قرار گرفتن ناگهانی، در معرض استرس آبی افزایش می‌دهد و سبب افزایش سرعت جذب و انتقال آب و هدایت روزنه‌ای بیشتر و سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد و سبب افزایش در دسترس قرارگرفتن کربن‌های تثبیت شده می‌شود که بخشی از آن به طرف پایین برای حفظ ریشه‌های جدید منتقل می‌شود. مکانیسم دیگر برای افزایش رشد ریشه با افزایش دمای خاک تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاهی بیشتر مثل اسید آبسیزیک، سایتوکینین و جیبرلین است و یا تغییر در نسبت بین مواد رشد گیاهی ممکن است اتفاق بیافتد (Atkin *et al*, 1973 ; Kramer and Bowen;1991, Boyer 1995). اهمیت دمای خاک با کنترل تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاهی تعیین و در نهایت سرعت واکنش‌های آنزیمی، تقسیم سلولی، انبساط سلولی ارتباط مستقیمی با دما دارند (Taiz and Zeiger 1991; Larcher 1995) و هم چنین با افزایش دمای خاک ظرفیت گیاهان برای ساخت بافت ریشه‌ای جدید نیز افزایش می‌یابد. درگیاهان زراعی به نظر می‌رسد جذب یون‌های خاصی مثل آهن و آمونیوم و نیترات با سرعت بالایی در نزدیکی بخش انتهایی ریشه‌های جوان اتفاق می‌افتد درحالی‌که سرعت جذب پتاسیم با سرعت یکسانی در طول ریشه اتفاق می‌افتد (Clarkson 1996; Colmer and Bloom 1998).). هندریک و پرگیتزر [4] در سال (۱۹۹۳) مشاهده کردند ماندگاری ریشه‌های ظریف و نازک در افرا در مکان‌های با میانگین سالانه بالای دمای خاک کوتاهتر است. فوربس و همکاران[5] در سال(۱۹۹۷) پی‌بردند دماهای بالای خاک سبب کاهش ماندگاری ریشه و تولید بیوماس کمتر در *Lolium perenne* می‌شود. دمای خاک بر توزیع قائم ریشه‌ها در خاک به واسطه تاثیر مستقیم روی رشد و تاثیر غیر مستقیم روی در دسترس بودن آب و مواد غذایی تاثیر گذار است.این امر به ویژه در محیط‌های مثل

1-Day *et al*
2-Landhausser *et al*
3-Schwarz *et al*
4-Hendrick and Pregitzer
5-Forbes *et al*

بیابان‌های داغ که شرایط خاک سطحی ممکن است برای ریشه‌ها کشنده باشد یا تحت رژیم‌های حرارتی خاک‌های سرد (توندرا و جنگل های شمالی در عرض‌های جغرافیایی بالا) که در آن خاک به طور دائم یخ بسته (منجمد) است عمقی را که ریشه‌ها می‌توانند در آن رشد کنند را محدود می‌سازد اهمیت دارد. نوبل [1]در سال (۱۹۸۹)گزارش کرد دما در خاک‌های بایر در عمق۲ سانتی‌متری می‌تواند به بیش از ۶۵ درجه سانتی‌گراد در بیابان‌های شمال غربی سونوران برسد که در این دماها مرگ ریشه‌های *Agave deserti* و *Ferocactus acanthodes* آغاز می‌شود متوسط عمق ریشه‌زایی این گیاهان در حالت عادی ۱۰ سانتی‌متر است و حتی در مراحل اولیه رشد دانهال‌های گیاهان گوشتی بیابان کمتر از این مقدار است. سایه‌های که توسط گیاه *Hilaria rigida* ایجاد می‌شود دمای سطح خاک را تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد و محل‌های امنی را برای استقرار دانهال‌ها فراهم می‌آورد. به‌علاوه در سال‌های خشک که پتانسیل آب خاک با عمق کاهش می‌یابد نشان داده شده است که این عادت ریشه‌دهی سطحی در سال های خشک بیشتر مقرون به صرفه است پاسخ ریشه این گونه‌ها و دیگر گونه‌های بیابانی به درجه حرارت و میزان آب قابل دسترس در خاک توزیع و فراوانی آنها را در دامنه های شمالی و رو به جنوب کنترل می‌کند. خاک‌های با رژیم دمایی سرد (منجمد) در توندرای قطبی و جنگلهای شمالی اتفاق می‌افتد با افزایش عمق و کاهش عرض جغرافیایی دوباره خاک‌های سطحی این مناطق گرم می‌شوند. ویلیامز و راست‌تتر[2]در سال (۱۹۹۹)گزارش کردند میانگین عمق خاکی که دوباره در طول فصل رشد در توندرای قطبی نزدیک پرودهوبای آلاسکا گرم می‌شود ۰/۴۲ متر است. کمترین عمقی که خاک می‌تواند دوباره در عرض‌های جغرافیایی بالا در توندرا گرم شود ۱۰تا۲۰ سانتی‌متر است و بیشترین عمق در جنگل‌های شمالی ۱متر است بنابراین حجم محدودی از خاک برای گسترش سیستم‌های ریشه‌ای فراهم می‌شود. به طور کلی در سیستم‌های مرطوب ، معمولا ریشه‌ها در مناطقی از خاک که قابلیت دسترسی بالاتری به

1-Nobel
2-Williams and Rastetter

منابع آب و مواد غذایی دارند گسترش می‌یابند. پرگیتزر و همکاران [1]در سال (۱۹۹۳) گزارش کردند زمانی که محدودیت آب وجود ندارد ریشه‌ها نزدیک سطح خاک که دمای خاک بالاتر است گسترش می یابند. دمای خاک در ناحیه ریشه، می‌تواند سرعت معدنی شدن مواد غذایی را افزایش دهد و هم چنین دمای خاک به شیوه های‌متعددی می‌تواند بر جذب عناصر غذایی و مورفولوژی ریشه تاثیر گذار باشد. گزارشات زیادی مبنی بر اثرات دمای بالای خاک بر کاهش قطر ریشه نیز وجود دارد (MacDuff *et al.* 1986; Rendig and Taylor 1989; Gliński and Lipiec 1990; Bowen 1991). افزایش دما به طور موثری طول ویژه ریشه را افزایش می‌دهد و طول ریشه نیز یکی از پارامترهایی مهمی است که بر ظرفیت جذب مواد غذایی توسط گیاهان تاثیر گذار است و دمای خاک به طور موثری می‌تواند طول ویژه ریشه را افزایش دهد. افزایش طول ویژه ریشه این امکان را برای گیاه فراهم می‌آورد که متناسب با تقاضای تغذیه‌ای میزان کربوهیدرات کمتری را مورد استفاده قرار دهد (Eissenstat 1992 ; Jungk 1996) هم چنین در مطالعات بسیاری گزارش شده است که آغازش ریشه‌های جانبی با افزایش دمای خاک افزایش می‌یابد(Miyasaka and Grunes, 1990; Sword and Brissette, 1993;McMichael andBurke,1996) و با افزایش دما انشعابات سیستم ریشه ای گیاهان نیز افزایش می‌یابد و فراوانی ریشه‌های جانبی کوتاه بیشتر می‌شود و گیاه می‌تواند حجم بیشتری از خاک را مورد استفاده قرار دهد.کاهش قطر ریشه در دماهای بالای خاک بیشتر به دلیل افزایش تعداد ریشه های فرعی با قطر کم است تا نسبت به اثری که بر کاهش قطر ریشه اصلی دارد (Kaspar and Bland, 1992). اگر چه به واقع اثرات مستقیم دمای خاک بر روی قطر ریشه نیز گزارش شده است (Chapin 1974a;MacDuff et al. 1986). میزان عناصر غذایی و تنفس نیز در ریشه‌های نازکی که کمتر از ۰/۵ میلی‌متر قطر دارند به طرز چشم گیری افزایش می‌یابد (

1-Pregitzer *et al*

(Pregitzer *et al*, 1997, 1998). و این نشان می‌دهد که عملکرد فیزیولوژیکی ریشه‌های کوچکتر (به عنوان مثال، ریشه های جانبی کوتاه) از ریشه‌های بزرگتر مجزا می‌باشد.

لای نچ مهمترین نقش ساختمان ظاهری ریشه را جذب مواد غذایی توسط ریشه از خاک مطرح کرده است و دلایلی نیز منتشر شده است که دمای خاک می‌تواند بر ساختمان ظاهری ریشه تاثیر گذار باشد به عنوان مثال در چندین محصول زراعی نشان داده شده است که دمای خاک در رشد ریشه های جانبی نقش دارد دمای خاک با تغییر در محورهای مرکزی رشد سبب رشد ریشه های جانبی شده و باعث ایجاد سیستم‌های ریشه‌ای با ساختمان ظاهری متفاوت در این محصولات شده است. اطلاعات متناقضی در مورد تاثیر درجه حرارت خاک بر روی توسعه ریشه‌های موئین در گیاهان زراعی وجود دارد. کوپر در سال ۱۹۷۳ این چنین استدلال کرد که به طور کلی تعداد ریشه‌های موئین در دمای بالای خاک کاهش می‌یابد اما تعدادی از نویسندگان گزارش کردند افزایش و کاهش دما اثری روی رشد ریشه‌های مویین ندارد (مک دوف وهمکاران در سال ۱۹۸۶،کاسپار وبلاند در سال ۱۹۹۲). و هم چنین به سبب این‌که ریشه‌های موئین سطح تماس بیشتری را در خاک فراهم می‌کنند سبب کاهش مقاومت ریشه در برابر جذب آب شده و از این نظر ریشه‌های موئین در جذب مواد غذایی بسیار مهم می‌باشند

۱-۶-۳-۲- اثر دما بر فیزیولوژی جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه

تغییرات دمای خاک می‌تواند فیزیولوژی جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه را به روش‌های مختلفی تحت تاثیر خود قرار دهد. از جمله اثر دما بر عوامل جذب در خاک مانند انتشار، جریان توده‌ای، معدنی شدن که علاوه بر تعیین میزان جذب مواد غذایی، میزان دسترسی به مواد غذایی را نیز کنترل می‌کند. (Pregitzer and King, 2005) جریان مواد غذایی به داخل سلول‌های زنده ریشه با انتقال موادغذایی بین پلاسمالما و پروتئین های ناقل با میل ترکیبی کم و زیاد که به ترتیب در غلظت های کم و زیاد عمل می کنند، کنترل می‌شود(Marschner, 1995; Nissen, 1996; BassiriRad, 2000). سرعت جذب مواد غذایی

با افزایش غلظت عناصر غذایی در خارج از سلول افزایش می‌یابد تا اینکه به یک سطح اشباعی برسد و بالای سطح اشباع جذب مستقل از غلظت می‌شود. شواهد آزمایشی بیان می‌کنند که ظرفیت جذب مواد غذایی با دما ارتباط مستقیم دارد. پیش از این ثابت شده است که جذب یون PO_4^{-3} توسط *Eriophorum vaginatum* با بالا رفتن دمای خاک از ۵ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد اما از این به بعد با افزایش بیشتر دما جذب فسفات کاهش می‌یابد (BassiriRad *et al*, 1996.) به علاوه فاکتورهای دیگری مثل نیاز گیاه به عناصر غذایی(رشد)، مساحت سیستم ریشه، مواد غذایی نیتروژن‌دار، پاسخ‌های گیاه به جذب عناصر غذایی را در ارتباط با تغییرات دمای خاک را تعدیل می‌کنند (MacDuff and Wild, 1986; Bowen, 1991; BassiriRad *et al*, 1993;MacDuff *et al*, 1994). از جمله مکانیسم‌های درگیر در افزایش جذب مواد غذایی با افزایش دما می‌توان به افزایش تنفس ریشه‌ها در دمای بالا اشاره کرد. همانطور که می‌دانید با افزایش دمای خاک تنفس ریشه نیز افزایش می‌یابد(Atkin et al. 2000) که بخشی از این افزایش به دلیل افزایش در میزان کربوهیدراتی است که در فرآیند فتوسنتز تولید می‌شودکه انرژی بیشتری برای انتقال فعال فراهم می‌شود. با این وجود همبستگی بین افزایش جذب مواد غذایی و تنفس ریشه در دماهای بالای خاک شکسته می‌شود که نشان می‌دهد انرژی به جای جذب مواد غذایی به فرآیندهای انرژی خواه دیگر اختصاص داده می‌شود (BassiriRad, 2000). و هم چنین افزایش سرعت تنفس ریشه منجر به افزایش غلظت CO_2 در محلول خاک می‌شود که با تجزیهCO_2 تولید یون H^+ وHco_3^- می‌کند که این فرآیند سبب تسریع واکنش‌های تبادلی در سطح ذرات رس و هیومیکی جهت آزاد سازی یون‌های غذایی برای جذب می‌شود (Larcher, 1995). تشکیل اسید کربنیک منجر به افزایش تنفس (اتوتروفیک[1] و هتروتروفیک[2]) می‌شود و می‌تواند pH رایزوسفر خاک را کاهش دهد که به طور گسترده ای بر جذب و در دسترس بودن یون‌های ضروری به ویژه عناصر غذایی کم مصرف تاثیر گذار

1-autorophic
2-heterotrophic

است (Tisdale and Nelson , 1975; Brady 1990; Marschner 1995) افزایش تنفس میکروبی در ناحیه ریشه روی محلول شیمیایی خاک و تغذیه گیاه تاثیر می‌گذارد که تا حدود زیادی به وسیله ظرفیت بافری خاک تعیین می‌شود و هم چنین ویژگی‌های غشاهای سلولی با دمای خاک تغییر می‌کند که بر جذب مواد غذایی تاثیر گذار است. در دمای پایین خاک عمدتا به دلیل افزایش مقاومت به جابه جایی آب در ریشه به خاطر ویسکوزیته بالای آب و کاهش تراوایی نسبی (نفوذ پذیری نسبی) غشاهای سلولی، جذب آب در گیاه کاهش می‌یابد (Johnson and Thornley 1985; Kramer and Boyer 1995;Wan et al. 2001) و باعث کاهش جریان توده‌ای مواد غذایی در سطح ریشه در آب خاک می‌شود و بعد از مدتی که ریشه‌ها در دمای پایین گسترش یافتند محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع در غشاهای سلولی ریشه های تازه افزایش می‌یابد و ریشه ها به جذب عناصر غذایی در دماهای پایین عکس العمل نشان می‌دهد (Markhart et al. 1980; Osmond et al. 1982). برای سازگارشدن ریشه‌ها به دمای پایین و جبران افزایش ویسکوزیته غشا در آب و هوای سرد، میزان اسیدهای چرب غیر اشباع در غشاء افزایش می‌یابد و میزان استرول کاهش می‌یابد و نسبت اسید لینولنیک به لینولئیک درغشا تغییر می‌یابد (White *et al*, 1990) به علاوه در ترکیب اسیدهای چرب غشا در دمای پایین در ریشه‌های گونه‌های مختلف نیز تغییراتی رخ می‌دهد که تغییر در ترکیب اسیدهای چرب غشا با افزایش ناگهانی انرژی فعال سازی غشاء، جریان یون پتاسیم و پیوند های ATPase در ارتباط هستند. همچنین پیشنهاد شده است که پاسخ‌ها یا عکس العمل‌های سازگاری ریشه‌ها به دماهای پایین در سطح غشا نیز اتفاق می‌افتد که با ترکیب لیپیدها و ناقل‌های پروتئینی غشاء مرتبط هستند(Clarkson et al, 1988). لازم به ذکر است که رشد و فیزیولوژی ریشه در گونه‌های گیاهی مختلف ممکن است عکس العمل‌های متفاوتی را به جبران و تغییر در سیالیت یون‌ها در دماهای پایین نشان دهد و همین امر علت تفاوت‌های مشاهده شده در جذب مواد غذایی توسط گونه‌های گیاهی مختلف است. چاپین و همکاران در سال (۱۹۸۶)نشان دادند که جذب مواد

غذایی Rb^{+} po_4^{3-} ,NO_3^- ,NH_4^+ ,$cl^-\mathrm{k}^+$, در گونه‌های گیاهی که رشد آهسته دارند مانند صنوبر در مقایسه با گونه های که رشد سریع‌تری دارند مانند بید تبریزی و درخت سپیدار حساسیت کمتری را به دمای خاک نشان می‌دهند. آنها در این بخش نشان دادند که گونه‌های پر رشدی که به سرعت در حال رشد هستند و ظرفیت جذب عناصر غذایی در آنها بالاست محل های گرم را اشغال می‌کنند بنابراین دو فاکتور ظرفیت جذب و رشد ریشه می‌تواند به عنوان عوامل تعدیل کننده در مقابل تغییرات دمایی خاک عمل نمایند. (Clarkson, 1985; Clarkson *et al*, 1988). بنابراین اگر در درجه حرارت‌های بالای خاک رشد ریشه نسبت به ساقه کاهش پیدا کند ممکن است سرعت جذب مواد غذایی خاصی افزایش یابد در حالی افزایش نسبت ریشه به شاخه باعث کاهش سرعت جذب مواد غذایی خاصی می‌شود. در آزمایشی پس از نگه داری دانهال‌های کاج نقره ای به مدت ۹ هفته در اتاق رشد، مشاهده گردید که بیوماس کل با افزایش دمای خاک از ۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۷ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد اما تغییرات بسیار جزئی در تخصیص بیوماس بین ریشه‌ها و شاخه‌ها مشاهده گردید(Domisch *et al*, 2001).

۱-۶-۴- تغییرات دمای خاک بر روی بیولوژی خاک

فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده خاک، جذب مواد غذایی توسط گیاهان را از طریق تجزیه مواد آلی و معدنی عناصر غذایی و تشکیل روابط همزیستی میکروبی از طریق اثراتی که بر میزان سطح جذب یا میزان مواد غذایی موجود در خاک دارند تحت تاثیر قرار می‌دهد همه این فرآیندها به دمای خاک حساس هستند و تا حد زیادی بر جذب عناصر غذایی تاثیر می‌گذارند (Pregitzer and King, 2005) .

۱-۶-۴-۱- تجزیه و معدنی شدن مواد غذایی

در مقیاس جهانی، مدت زمان زیادی است که مشخص شده است دمای خاک یکی از مهم‌ترین کنترل کننده‌های تجزیه مواد آلی خاک در نواحی شیب‌دار است (Olson, 1963). اخیرا مطالعاتی جهت ارزیابی تاثیرات و پیش بینی گرمای هوا در اثر تغییرات اقلیم و گرم شدن خاک‌ها در سطوح اکوسیستم بر روی ذخایر و چرخه‌های کربن با استفاده از زیر خاک کردن کابل‌های گرمایی انجام گردیده است (Van Cleve *et al*, 1990; Peterjohn *et al*, 1994; McHale *et al*, 1998; Rustad and Fernandez, 1998) عموما این مطالعات ثابت کرده‌اند به طور متوسط گرم شدن کره زمین منجر به از دست دادن سریع توده عمده‌ای از لاشبرگ‌ها می‌شود به عنوان مثال بعد از دو سال تجزیه در جنگل‌های پهن برگ شمالی میزان بقایای لاشبرگ راش آمریکایی باقی‌مانده در تیمارهای دمایی دمای محیط، محیط +۵ درجه سانتی‌گراد و محیط+۷/۵ درجه سانتی گراد به ترتیب برابر با۶۰ ، ۵۰، ۴۲ درصد بود (McHale *et al*, 1998). جالب توجه است که تجزیه بقایای افرا شیرین تحت تاثیر تیمارهای دمایی خاک قرار نگرفته بود همین طور بعد از گذشت ۳۰ ماه از پوسیدگی بقایای برگی در خاک‌های گرم جنگل‌های صنوبر و کاج که تقریبا ۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای محیط بود میزان از دست دادن یا تجزیه لاشبرگ‌های صنوبر قرمز ۱۹ درصد افزایش یافته بود اما میزان تجزیه لاشبرگ‌ها در افرای قرمز تحت تاثیر دمای خاک قرار نگرفته بود(Rustad and Fernandez, 1998). در یک جنگل، مخلوطی از درختان خزان‌دار پیتر جان و همکاران[1] در سال(۱۹۹۴) مشاهده کردند با گرم شدن خاک تا ۵ درجه سانتی‌گراد سرعت روزانه معدنی شدن نیتروژن خالص دوبل می‌شود هم در خاک معدنی و هم بستر جنگل و در طول فصل رشد ادامه می‌یابد. با گرم شدن خاک تا ۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است که جریان سالانه کربن خاک از ۷۱۲ به ۱۲۵۰گرم در متر مربع افزایش می‌یابد و یک رابطه نمایی قوی بین درجه حرارت خاک و جریان کربن در

1-Peterjohn *et al*

خاک مشاهده شد که به خوبی با معادله آرهنیوس[1] مطابقت دارد. ون کلیو و همکاران[2](۱۹۹۰) میزان بالای نیتروژن برگ و سرعت بالای فتوسنتز و تولید را به بیشتر در دسترس بودن موادغذایی به دلیل تجزیه بالا در خاک‌های گرم ۸ درجه سانتی‌گراد بالای دمای محیط در جنگل‌های صنوبر نسبت دادند. روارک [3](۱۹۹۳) نشان داد که تجزیه ریشه‌های جانبی در دانهال‌های کاج تدا در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۱۵ درجه سانتی‌گراد بسیار سریع‌تر است و پیشنهاد کرد تجزیه بخش‌های چوبی درختان در درون خاک در پاسخ به گرم شدن خاک افزایش می‌یابد. وابستگی معدنی شدن نیتروژن خالص به دما برای طیف وسیعی از اکوسیستم‌ها گزارش شده است از جمله جنگل‌های کاج سوزنی برگ(Wilson et al ,1999.)، توندرا آلپین(Fisk and Schmidt, 1995)، جنگل بلوط - مرتعی سالانه(Leiros *et al*, 1999)، درختچه و بوته‌های قطب شمال(Schmidt et al, 1999) و طیف وسیعی از جوامعی که در امتداد شیب‌های مرتفع قرار دارند(Powers, 1990). توجه داشته باشید عوامل دیگری مانند رطوبت خاک، نحوه آماده سازی زمین، شیمی خاک اثرات بیشتری از دمای خاک بر روی سرعت معدنی شدن عناصر غذایی دارند به علاوه سرعت تثبیت میکروبی و اکسیداسیون آمونیوم و دنیتروفیکاسیون حساس به دما هستند که ممکن است افزایش معدنی شدن نیتروژن خالص را محدود کنند ;Pelletier *et al*, 1999) (Schmidt *et al*, 1999; Stark and Firestone, 1996)

1-Arrhenius equation
2-Van Cleve *et al*
3-Ruark

فصل دوم

مروری بر پژوهش های پیشین

۲-۱-اثر دمای محیط بر صفات رویشی گیاهان متفاوت

فعالیت‌های بشری در حال تغییردادن پارامترهای اقلیمی است و پیش بینی شده است که گرم شدن کره زمین عواقب گسترده و طولانی مدتی داشته باشد از جمله این عواقب می‌توان به طولانی شدن فصل رشد، تغییر الگوهای بارش، خشکسالی در تابستان و.... اشاره کرد. پژوهش‌های فراوانی در این رابطه بر روی درختان جنگلی انجام شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که رشد ریشه در دانهال‌های مخروطیان به عوامل محیطی متعددی، از جمله درجه حرارت خاک بستگی دارد (Tryon and Chapin1983, Andersen et al. 1986, Kozlowski and Pallardy 1997). لاهتی و همکاران[1](۲۰۰۵) بیان کردند که درجه حرارت خاک اصلی‌ترین عامل محدود کننده رشد ریشه در شرایط جنگل‌های شمالی است. اغلب در درختان جنگلی رشد ریشه در دو یا چند مرحله اتفاق می‌افتد، مرحله اول در بهار و قبل از رشد ساقه و دومین مرحله بعد از توقف رشد ساقه در تابستان است که در نتیجه این فرایندها ریشه‌های موجود طویل و رشد ریشه‌های موئین یا ریشه‌های فرعی جدید آغاز می‌شود که فرآیندهای ذکر شده نقش اصلی در افزایش بیوماس نهایی ریشه را دارا و وابسته به دما می‌باشند. لوپوشینسکی و ماکس[2](۱۹۹۰) مشاهده کردند، رشد ریشه در چندین گونه از درختان سوزنی برگ زمانی آغاز می‌شود که درجه حرارت خاک به بیش از ۵ درجه سانتی گراد رسیده باشد، سرعت رشد ریشه در دماهای بالای ۱۰ درجه سانتی گراد خاک شتاب می‌گیرد و حداکثر سرعت رشد ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد و در دماهای بالاتر از آن رشد ریشه کاهش می‌یابد. واپاووری و همکاران[3](۱۹۹۲) بیان کردند که آغازش رشد مریستم نوک ریشه در دانهال‌های صنوبر نروژی بعد از گرم شدن خاک و زمانی است که دمای خاک به بیش از ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. رشد ریشه در دمای بین ۸-۵ درجه سانتی‌گراد محدود است

1-Lahti
2-Lopushinsky and Max
3-Vapaavuori

و حداکثر رشد ریشه در دانهال‌های صنوبر نروژی در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد ناحیه ریشه است (Lyr and Hoffman, 1967) بنابراین پاسخ گونه‌های خاص به درجه حرارت خاک ممکن است بسته به ژنوتیپ و یا نژادهای محلی متفاوت باشد. تصور می‌شود در درجه حرارت‌های پایین خاک، رشد ریشه‌ها به دلیل کاهش فعالیت متابولیکی ریشه و همچنین کاهش تورژسانس سلول‌های ریشه و جذب آب کاهش می‌یابد. دمای خاک می‌تواند بر تخصیص زیست توده بین ساقه و ریشه در طول فصل رشد تاثیر گذار باشد (Ericsson et al, 1996; Pregitzer et al, 2000). لاهتی و همکاران[1] (۲۰۰۵) با بررسی تاثیر دماهای مختلف در سه دوره رشدی ریشه و شاخه دانهال‌های پنج ساله صنوبر نروژی بیان داشتند که در طول دوره رشد دوم که تیمارهای دمایی ۹، ۱۳، ۱۸ و ۲۱ درجه سانتی گراد استفاده شده بود رشد قطر ریشه به طور قابل توجهی در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها پایین‌تر بود و از جهتی نیز رشد ساقه در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دماهای دیگر کمترین مقدار را داشت. هم‌چنین رشد ریشه نیز در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با تیمارهای دمایی دیگر کمتر بود و از طرفی هنگامی که در دوره رشد سوم درجه حرارت خاک از ۹ به ۱۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت رشد شاخه و رشد ریشه نیز بهبود یافته بود. نتایج تحقیقی نشان داد بوته‌های کاهویی که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد کرده بودند وزن تر و خشک ریشه و ساقه بیشتری در مقایسه با گیاهان رشد یافته در دمای ۴۲-۲۶ درجه سانتی‌گراد داشتند (Luo et al, 2009). در مطالعه دیگری عزیزی و همکاران[2] (۱۳۸۳)، تاثیر دماهای مختلف هوا و منطقه ریشه را بر روی رشد و نمو سه گونه یونجه یکساله مورد بررسی قرار دادند و نتایج این بررسی نشان داد که افزایش دمای منطقه ریشه موجب افزایش ارتفاع بوته، طول ریشه، میزان ماده خشک ریشه، ساقه و برگ، اختصاص مواد خشک بیشتری به بخش‌های هوایی، افزایش تعداد شاخه، گره ساقه و برگ و گسترش سطح برگ در گونه‌های یونجه یکساله مورد مطالعه

1-Lahti
2-Azizi

گردید و افزایش دمای هوا تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد تاثیر مثبت و افزاینده‌ای بر رشد و نمو بخش‌های هوایی گونه‌های یونجه یکساله مورد بررسی داشت و دمای ۵ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه تاثیر قابل توجهی در کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد گونه‌های یونجه یکساله مورد مطالعه داشت. در تحقیق دیگری که در رابطه با سویا انجام شد، نشان داد که وزن گیاه، تعداد برگ و سطح برگ با کاهش دمای منطقه ریشه کاهش می‌یابد(Walsh et al, 1986; Zhang, and Smith, 1995). در بررسی دیگری که توسط یوسف ابراهیم [1] و همکاران (۱۹۶۹) در رابطه با واکنش درختان انبه و آواکادو به دمای خاک انجام شد، نتایج نشان داد که دانهال‌های آواکادو مکزیکی که بر دانهال‌های انبه واریته ایروان پیوند شده بودند عکس العمل‌های رشدی متفاوتی را در دماهای ۲۱،۲۷ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد خاک نشان دادند و در دامنه دمایی ۲۷-۲۱ درجه سانتی‌گراد خاک دانهال‌های آواکادو بهترین رشد را داشتند ولی در دماهای بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد رشد کاهش یافت.

۲-۲ - تاثیر دمای محیط بر صفات فیزیولوژیکی در گیاهان متفاوت

اثر دما روی گسترش برگ به خصوص در نواحی مریستمی برگ رابطه مستقیم با سرعت تشکیل برگ بر روی ساقه دارد (Tamaki *et al*, 2002). برتولما و ویلیامز [2] (۲۰۰۵) نشان دادند که در هر رژیم دمایی ظهور برگ‌های جدید رابطه خطی با زمان دارد و زمانی که دما افزایش می‌یابد مدت زمان مورد نیاز جهت ظهور دو مریستم پی‌درپی کاهش می‌یابد(kirby, 1995; Bos and Neuteboom, 1998; McMaster *et al*,2003). سرعت رشد برگ با افزایش دمای خاک تا رسیدن به دمای بهینه افزایش می‌یابد و سپس در دماهای فوق بهینه خاک، عکس این حالت رخ می‌دهد(با افزایش دمای خاک رشد برگ کاهش می‌یابد)(Cao and Moss 1989; Tamaki *et al*, 2002) پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد

1-Ibrahim
2-Bartholomew and Williams

که دمای منطقه ریشه بر رشد و نمو برگ و فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند جذب کربن و تعرق در گیاهان عالی تاثیر گذار است (Hay and Wilson 1982, McMaster *et al*. 2003) بنابراین سرعت نمو برگ در طول مراحل اولیه نمو گیاه رابطه بسیار نزدیکی با دمای خاک نزدیک سطح زمین نسبت به دمای هوا دارد و هم چنین های و ویلسون[1] (۱۹۸۲)مشاهده کردند که برای ظهور برگ‌های گندم دمای خاک در عمق ۵ سانتی متر از دمای هوا موثرتر است.

یکی از عوامل تاثیر گذار در حفظ ظرفیت فتوسنتزی درگیاهان، میزان کلروفیل است. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل در تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (Pessarkli, 1999). یک رابطه مثبت و قوی بین میزان نیتروژن، کلروفیل و اسپد وجود دارد و با افزایش میزان اسپد میزان کلروفیل در واحد سطح برگ نیز افزایش می‌یابد (Barraclough and Kate, 2001). در تحقیقی که بر روی میزان کلروفیل برگ‌های سیب در دماهای فوق بهینه ناحیه ریشه انجام شده است نتایج نشان داد که میزان کلروفیل در برگ‌های سیب در دماهای فوق بهینه ریشه کاهش می‌یابد (Nightingale and Blake, 1934) هم‌چنین میزان کلروفیل در چند پایه کلونی سیب در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد ریشه نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود، با این حال میزان کلروفیل در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با میزان کلروفیل در برگ‌های پایه‌های کلونی مورد آزمایش در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد متناسب بود و به نظر نمی‌رسد کاهش میزان کلروفیل در دماهای فوق بهینه ریشه به عنوان فاکتوری موثری باشد (Gur *et al*, 1976)

حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه به ویژه تحت شرایط تنش، بررسی رفتار روزنه‌هاست. عوامل محدود کننده‌ی فتوسنتز تحت تنش‌های محیطی به دو گروه تقسیم می‌شوند، اول عوامل محدود کننده روزنه‌ای، که با بستن روزنه‌ها در شرایط تنش، غلظت دی اکسید کربن داخل برگ و

1-Hay and Wilson

انتقال آن به کلروپلاست کاهش می‌یابد و فتوسنتز محدود می‌گردد، دوم عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای که شامل عوامل موثر بر فتوسنتز مانند مقدار کلروفیل (Kicheva *et al* and Popova, 1994 ; Kuroda *et al* and Imagawa, 1990.)، مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو(Flexas, and Medrano, 2002)، انتقال الکترون فتوسنتزی و فتوفسفوریلاسیون و مقدار متابولیت‌ها(Flexas and Medrano, 2002 ; He and Liang, 1995) می‌باشند. گونه‌های گیاهی حساس به سرما اغلب در دماهای پایین به دلیل کاهش میزان پتانسیل آب گیاه پژمرده می‌شوند و ممکن است رشد، فعالیت فتوسنتزی و حتی بقای گیاهان نیز محدود شود. برخی از گیاهان مقاوم به سرما پتانسیل آب سلولی خود را با بستن روزنه‌ها طی فرآیند تعرق، حفظ می‌کنند، درحالی‌که باز بودن روزنه‌ها در اغلب گونه‌های گیاهی حساس به سرما در دماهای پایین اتفاق می‌افتد وگیاهان در معرض پژمردگی قرار می‌گیرند پس نمی‌توان گفت که یک گیاه به سرما مقاوم است مگر با بسته شدن روزنه ها یا با داشتن مکانیسم مناسب برای مقابله با دماهای پایین، قبل از اینکه با هر گونه کمبود آبی مواجه شود. دلوسیا[1](۱۹۸۶) در مطالعه‌ای، میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تجمع کربوهیدرات‌ها در دانهال‌های صنوبر را مورد بررسی قرار داد که نتایج این بررسی نشان داد دماهای ۲۰- ۱۰درجه سانتی‌گراد تاثیری بر میزان فتوسنتز خالص ندارد، درحالی که میزان هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز در دماهای پایین تر از ۸ درجه سانتی‌گراد به شدت کاهش یافت، که در ابتدای سرد کردن ریشه‌ها، هدایت روزنه‌ای به میزان ۱۲۵ درصد افزایش یافت و تا ۳ روز بعد از شروع تیمار سرمایی به حالت اولیه برنگشت سپس هم فتوسنتز خالص و هم هدایت روزنه‌ای بعد از گذشت ۷ روز به ترتیب به میزان ۵۰ و ۳۴درصد کاهش یافت. استالفت[2] در سال ۱۹۵۶ افزایش موقتی در میزان هدایت روزنه‌ای در پاسخ به تنش آبی در ویکی فابا[3] را گزارش کرد، در آغاز به نظر می‌رسد، افزایش اولیه مشاهده شده در میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط سرد کردن ریشه‌ها مشابه عکس العمل‌های تنش آبی عمل

1-DeLucia,
2-Stalfelt,
3-Viciafuba

کند و با کاهش میزان تورژسانس سلول‌های اپیدرمی و تورژسانس بالای سلول‌های نگهبان این امکان برای گیاه فراهم می‌شود که روزنه‌ها برای مدت کوتاهی باز و هدایت روزنه‌ای افزایش یابد. علت اصلی کاهش هدایت روزنه‌ای در دماهای پایین ریشه محدودیت جذب آب توسط ریشه در نتیجه افزایش ویسکوزیته آب و مقاومت ریشه است.

محتوای نسبی آب برگ در واقع روش بسیار مناسبی برای ارزیابی عملکرد یا اجزای عملکرد جهت گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب تحت تنش خشکی است (Schonfeld *et al* and Mornhinwag, 1988). یای ویایامو و همکاران[1] (۲۰۱۱) با بررسی تاثیر دماهای بالا و پایین بر روی پاسخ‌های متابولیکی برگ‌های یونجه نشان دادند، محتوای نسبی آب برگ درگیاهان یونجه در دمای پایین (۵ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با دمای بالا (۳۳ درجه سانتی‌گراد) افزایش یافته است و این افزایش مشاهده شده در میزان RWCبه دلیل کاهش میزان نشاسته برگ و افزایش قندهای محلول احیا شده مانند ساکارز و فروکتوز است و هم‌چنین در دمای پایین میزان مالون دی آلدهید و نشت الکترولیت در برگ‌ها کاهش یافته و همه این‌ها منجر به افزایش میزان RWC در برگ‌های یونجه در دمای پایین می‌گردد که منجر به مقاومت یونجه به دمای پایین به دلیل کاهش پتانسیل آب و تعرق می‌شود. در تحقیقی که به منظور بررسی تاثیر ریشه‌های سرد شده گندم بر روی میزان هورمون، هدایت برگ و هدایت هیدرولیکی ریشه انجام شد اندازه‌گیری میزان رطوبت نسبی برگ نشان داد، کمبود آب در شاخه ریشه‌های تیمارشده افزایش یافته است کاهش آب در شاخه‌ها به دلیل کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب در دماهای پایین ناحیه ریشه است، اما با گذشت زمان میزان RWC در شاخه‌های گندم افزایش می‌یابد که نمی‌توان آن را به وسیله بهبود هدایت هیدرولیکی ریشه توضیح داد زیرا زمانی که RWC شروع به افزایش می‌کند، هدایت هیدرولیکی ریشه در مقدار پایین باقی می‌ماند. افزایش RWC در نتیجه تغییرات،

1-Yiwei Mo

در میزان هورمون‌های شاخه است، که این هورمون‌ها مسئول بسته شدن روزنه‌ها می‌باشند، که از دست دادن آب را مطابق با کاهش دریافت آب توسط ریشه‌ها تعدیل می‌کنند,*et al* Veselova)(2005 .

۲-۳- تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی در گیاهان مختلف

جذب و آسیمیلاسیون مواد غذایی به مرفولوژی و سرعت رشد سیستم ریشه‌ای گیاه بستگی دارد. مشخصه جذب سیستم ریشه‌ای، تامین عناصر غذایی و فعالیت متابولیکی ریشه است (Barber, 1976 Casseen and).

در دماهای فوق بهینه ریشه، متابولیسم ریشه در نتیجه کاهش رشد آن و هم چنین مقدار انرژی در دسترس و مورد نیاز جهت انجام فرآیندهای جذب و آسیمیلاسیون و انتقال کاهش می‌یابد، بنابراین سطح کافی از عناصر غذایی در یک دما ممکن است در دماهای دیگر کافی نباشد (Lingle and Davis, 1959). میزان q_{10} جهت تجمع یون‌ها در تمام گونه‌ها و دماهای منطقه ریشه یکسان نیست (Locascio andWarren, 1960). در یک بررسی، کوپر[1] (۱۹۷۳) پیشنهاد کرد که یک رابطه کلی بین دمای ناحیه ریشه و میزان عناصر غذایی موجود در بافت‌های گیاهی وجود دارد. او چهار منحنی را که نماینده چهار گونه گیاهی بود را نشان داد و بیان کرد در گونه D غلظت مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی با افزایش دمای ناحیه ریشه تاحد بهینه دمای ناحیه ریشه افزایش می‌یابد و سپس در دماهای فوق بهینه ریشه، غلظت مواد غذایی در بافت‌های گیاهی کاهش می‌یابد. در گونه A غلظت مواد غذایی با افزایش دما کاهش می‌یابد و در گونه‌های B و C غلظت مواد غذایی بین دو حد بالا و پایین نوسان می‌کند. کوپر[2] (۱۹۷۴) پیشنهاد کرد که پاسخ‌های متفاوت منحنی میزان عناصر غذایی موجود در بافت‌ها با سرعت جذب مواد غذایی رابطه مستقیم و با رشد گیاه رابطه عکس دارد

1-Cooper,1973
2-Cooper,

۲-۳-۱ - تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی پرمصرف در گیاهان

عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به دو دسته عناصر پر مصرف[۱] و کم مصرف[۲] تقسیم می‌شوند. ازت ، فسفر ، گوگرد ، پتاسیم ، کلسیم و منیزیم از عناصر پر مصرف محسوب می‌شوند. این عناصر به مقدار زیاد مورد نیاز گیاه می باشند. همچنین عناصری مانند آهن، منگنز، روی، مس و بُر جزء عناصر کم مصرف می باشند مثلا نیاز گیاهان عالی به پتاسیم تقریبا هزار برابر بیشتر از بُر است. اختلاف بین مقدار پرمصرف و کم مصرف در همه حال مانند بُر و پتاسیم بزرگ نیست. مثلا مقدار نیاز گیاهان به منگنز و آهن اغلب مشابه است. به همین دلیل در موارد زیادی آهن را از دسته عناصر کم مصرف به شمار می‌آورند. سه مکانیسم مهم در انتقال عناصر غذایی از خاک به سطح ریشه دخالت دارند۱- جریان انبوه یا حرکت توده‌ای[۳] ،۲- انتشار [۴] ۳- تبادل تماسی که از این میان ازت، گوگرد، منیزیم و کلسیم از طریق جریان توده‌ای و پتاسیم و فسفر از طریق انتشار به سطح ریشه گیاه منتقل می‌شوند

دماهای پایین خاک در دسترس بودن و سرعت جذب پتاسیم توسط گیاهان را کاهش می‌دهد، دمای بهینه خاک برای جذب پتاسیم در برخی از گیاهان مانند ذرت ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد در بعضی اوقات می‌توان اثرات دمای پایین خاک را با افزایش سطوح پتاسیم در خاک جبران کرد، افزایش سطح پتاسیم خاک مخصوصا در اوایل فصل رشد که دمای خاک پایین است و گیاهان در مراحل ابتدایی رشد هستند اهمیت دارد. در تحقیقی مشاهده شد، دمای بالای محلول غذایی در کشت هیدروپونیک گیاهان گوجه فرنگی در بلند مدت سبب کاهش غلظت عناصر غذایی در شیره آوند چوبی ریشه می‌گردد و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم در شیره آوند چوبی ، نسبت به غلظت این عناصر در محلول غذایی بسیار کمتر است این امر نشان می‌دهد که جذب این عناصر در دماهای بالا محلول غذایی توسط

1-macroelement
2-microelement
3-Mass Flow
4-Diffusion

فرآیندهای فعال در ریشه که در جذب عناصر غذایی درگیر هستند به تعویق می‌افتد (Falahi *et al*, 2010 and Kitano, 2010) در تحقیق دیگری، اثرات دمای خاک بر روی رشد شاخه و جذب عناصر غذایی در دانهال‌های پنج ساله صنوبر بررسی شد، نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان نیتروژن، فسفر ،پتاسیم وکلسیم ساقه وجود دارد و میزان نیتروژن ساقه در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر است و میزان فسفر و کلسیم ساقه نیز در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد بیشتر است و میزان پتاسیم در دمای ۲۱درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۹،۱۳ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد(Lahti *et al*, 2005). همچنین میزان جذب و غلظت فسفر در برگ گیاهان گوجه فرنگی که در دمای بالای ۳۶ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه رشد کرده بودند، کاهش یافت(Klock *et al*. 1997). هوانگ و خو[1] (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند در بنت القنسول نیز وقتی ریشه‌ها در معرض دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه قرار می‌گیرند در حالی که اندام‌های هوایی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند غلظت فسفر ساقه و ریشه کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری که بر روی کاهوی رقم پالما تحت شرایط کشت هیدروپونیک صورت گرفته بود، تان و همکاران[2] (۲۰۰۲) دریافتند که گیاهانی که در دمای بهینه و در دمای پایین منطقه ریشه رشد کرده بودند غلظت فسفر در برگ آنها در مقایسه با گیاهانی که در دماهای گرم منطقه ریشه رشد کرده‌اند، بیشتر است. در خربزه نیز نتایج مشابهی به دست آمد که نشان می‌دهد جذب فسفر توسط گیاه و تجمع آن در گیاه به شدت تحت تاثیر دمای منطقه ریشه قرار می‌گیرد(Stoltzfus *et al*, 1998). در بررسی دیگری اثرات دمای ناحیه ریشه و سطوح مختلف فسفر بر رشد کاهو تحت شرایط آئروپونیک نشان داد که غلظت فسفر در ساقه و ریشه هم در سطوح بالا و هم در سطوح پایین غلظت فسفر مورد استفاده، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ناحیه ریشه در مقایسه با دمای ۴۲-۲۶ درجه سانتی‌گراد بیشتر است (Luo *et*

1-Huang and Xu, 2000
2-Tan *et al*

al, 2009). جانسون [1]در سال (۱۹۹۰) گزارش کرد انرژی که به شکل ATP از تنفس به وجود می‌آید محرک جذب یون‌های نیترات ،پتاسیم، فسفات و سولفور به سمت سلول‌های ریشه است، با این حال جذب کاتیون‌های دو ظرفیتی معمولا به صورت غیر فعال و در جهت شیب الکترو شیمیایی است. سرعت تنفس ریشه در پاسخ به افزایش دمای ناحیه ریشه افزایش می‌یابد، که احتمال انرژی بیشتری را برای جذب آنیون‌ها فراهم می‌کند. گوسلین و تروندل [2] (۱۹۸۶) مشاهده کردند که با افزایش دمای منطقه ریشه از ۱۲ به ۳۶ درجه سانتی گراد غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم در برگ‌های فلفل افزایش می یابد در حالی که غلظت منیزیم و کلسیم در برگ‌های فلفل با افزایش دما کاهش می یابد.

کلی [3] (۱۹۹۳)گزارش کرد در جنگل‌های صنوبر با درختانی با سنین مختلف که دمای خاک از ۴به ۲۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته بود، غلظت یون‌های نیتروژن کل، آمونیوم و فسفات و فسفر در محلول خاک افق‌های O و A، افزایش یافت. در حالی که با افزایش دمای خاک غلظت یون‌های Mg^{2+}،Ca^{2+} وNa^{+} وNO_3^- وN کاهش یافت، با این وجود ما نمی‌توانیم بپذیریم که همه یون‌ها پاسخ یکسانی به افزایش دمای خاک می‌دهند.

۲-۳-۲- تاثیر دما بر جذب عناصر غذایی کم مصرف در گیاهان

عناصر غذایی کم مصرف [4] موجود در بخش جامد خاک، اغلب به صورت پیوسته به ذرات خاک هستند و به شکل غیر محلول حضور داشته و به همین دلیل امکان جذب مستقیم آنها از طریق ریشهٔ گیاه وجود ندارد. لذا مکانیسم جذب عناصر غذایی کم مصرف در گیاهان عالی به شرح زیر است

1-Johnson,
2-Gosselin and Trudel,
3-Kelly
4-Micronutrient or Microelement

۲-۳- ۲-۱- نحوهٔ جذب عناصرکم مصرف

عناصر کم مصرف نیز مانند عناصر پر مصرف، از شیب پتانسیل الکترو شیمیایی موجود در عرض غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه برای ورود به داخل سلول استفاده می‌کنند. از آنجا که سلول‌های ریشهٔ، بسیاری از گونه‌های گیاهی دارای اختلاف پتانسیلی معادل ۱۲۰- تا ۱۸۰- میلی ولت در دو سوی غشای خود می‌باشند. کاتیون‌های عناصر کم مصرف می‌توانند به واسطه این اختلاف پتانسیل عظیم الکتریکی به داخل سلول رانده شوند، از سوی دیگر فعالیت کاتیونهای عناصر کم مصرف در درون سیتوپلاسم می‌بایست، در حد پایینی حفظ گردد، تا وقوع واکنش‌های اکسید و احیای مضر در درون سلول جلوگیری شود. بنابراین پتانسیل الکتریکی بسیار منفی برقرار شده در دو سمت غشا و نیز فعالیت پایین فلزات عناصر کم مصرف در درون سلول، نیروی رانش بسیار بزرگی را برای جذب کاتیون ها به داخل سلول فراهم می‌کند. که همین امر، جذب کاتیون‌های عناصر کم مصرف را از جذب فعال (با مصرف انرژی) بی‌نیاز می‌نماید و از این طریق فلزات عناصر کم مصرف می‌توانند، از طریق انتشار و در جهت شیب به راحتی به داخل سلول راه یافته و از نظر ترمودینامیکی از مراحل جذب فعال بی‌نیاز می‌باشد(شریعتی و مددکار حق جو،۱۳۸۳).

۲-۳-۲-۲- جذب کلر

جذب کلر Cl^- بوسیله ریشه های گیاهان عالی از طریق سیمپورت (آنیون- پروتون) انجام می‌شود. به این صورت که یک سیستم انتقال، یون کلر را بر خلاف شیب غلظتش، به طور همزمان با پروتون در عرض غشای پلاسمایی جابجا می‌نماید و نیروی لازم برای حرکت خود را از شیب پتانسیل الکتروشیمیایی برقرار شده در عرض غشا، که ناشی از فعالیت پمپ H^+-ATPase می‌باشد، تامین می‌شود. (شریعتی و مددکار حق جو،۱۳۸۳)

۲-۳-۲-۳- جذب مولیبدن

از آنجا که مولیبدن، ثابت تجزیه اسیدی پایینی را دارا می‌باشد، بنابراین در اسیدیته بالاتر از ۴ محیط غذایی، غالباً به فرم بدون پروتون یا $Moo4^{-}$ بوده و در نتیجه به صورت اُکسی آنیون جذب می‌شود. خواص شیمیایی این آنیون مشابه آنیون‌های دو ظرفیتی معدنی است. (شریعتی و مددکار حق جو،۱۳۸۳)

۲-۳-۲-۴- جذب بر

مراحل جذب بر به وسیله سلول‌های ریشه گیاه هنوز مشخص نشده است، اما نظر کلی دانشمندان به وجود یک مرحلهٔ انتشاری غیرفعال $B(OH)_3$ از عرض غشای پلاسمایی، که با تشکیل اتصالات B-cis-diol با قندها یا سایر پلی هیدروکسیل در سیتوپلاسم میسر می‌شود. (شریعتی و مددکار حق جو،۱۳۸۳)

تین دال و همکاران[1] (۱۹۹۰) گزارش کردند ماکزیمم جذب یون‌های مس و منگنز و روی در گیاه گوجه فرنگی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه رخ می‌دهد. کیمبرلی و همکاران [2](۱۹۹۶)با بررسی تاثیر دماهای (۳۰،۳۳،۳۶ ،۲۷ ،۲۴) درجه سانتی‌گراد ناحیه ریشه بر میزان جذب فسفر،روی و منگنز در گیاهان گوجه فرنگی (رقم جت استار[3]) ،خربزه (رقم گلد استار[4]) و لیلکی (واریته اینرما[5]) نشان دادند میزان فسفر و منگنز در کل گیاه و غلظت این عناصر در اندام‌های هوایی گیاه گوجه فرنگی با افزایش دما از ۲۴ درجه سانتی‌گراد به ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، درحالی که در میزان جذب روی در کل گیاه و غلظت آن در اندام‌های هوایی گیاه تحت تاثیر دماهای ریشه قرار نگرفت. با افزایش دما میزان فسفر، روی و منگنز در کل گیاه، هم چنین غلظت فسفر و روی در شاخه های خربزه با افزایش دما

1-Tindall *et al*
2-Kimberly
3-Jet Star
4- Gold Star
5-. J.nermis Willd.

به صورت خطی افزایش یافت، در حالی که غلظت منگنز شاخه با افزایش دما تغییری نکرد، اما در لیلکی میزان ماده خشک، فسفر و روی تحت تاثیر دمای ناحیه ریشه قرار نگرفته بود و فقط میزان منگنز به صورت خطی در دماهای مورد آزمایش کاهش یافت. عدم پاسخ روی به دمای ناحیه ریشه به واسطه این است که دما، بیشتر بر انتقال روی تا جذب آن به وسیله گوجه فرنگی تاثیر می‌گذارد و هم چنین در بررسی دیگری هود و میلز(۱۹۹۴) نیز مشاهده کردند که جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، مس، منگنز، روی، آهن و جیوه در گل میمون با افزایش دمای ناحیه ریشه از ۸ به ۲۹ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، اما جذب این یون‌ها با افزایش دمای ناحیه ریشه از ۲۹ به ۳۶ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد، در حالی‌که جذب کاتیون‌ها با افزایش دمای ناحیه ریشه به آرامی کاهش می‌یابند (Hagan, 1952; Petrie, 1927)

فصل سوم

مواد و روشها

۳-۱- مکان و زمان انجام تحقیق

این تحقیق در گلخانه و آزمایشگاه های دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود و آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان در سال۹۴-۱۳۹۲ اجرا گردید.

۳-۲- طرح آماری، فاکتورهای آزمایشی

این پژوهش بصورت یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول سه پایه عمده مناطق پسته‌کاری پسته رقم سرخسی (*Pistacia vera* cv. Sarakhsi) ، قزوینی (*P. vera* cv. Ghazvini) و بادامی زرند (*P. vera* cv. Badami-e-zarand) و فاکتور دوم چهار تیمار دمایی (تیمار ۱- دمای ۱۰ درجه سانتی گراد خاک تیمار ۲- دمای ۱۵ درجه سانتی گراد خاک تیمار ۳- دمای ۲۰ درجه سانتی گراد خاک تیمار ۴- دمای ۲۵ درجه سانتی گراد خاک) بودند. در هر کرت آزمایشی تعداد ۵ گلدان با یک دانهال در هر گلدان استفاده شد.

۳-۳- ویژگی پایه‌های مورد تحقیق

در این تحقیق از پایه‌های بادامی زرند(*P. vera* cv. Badami-e-zarand)، سرخسی(*Pistacia vera* cv. Sharakhs)و قزوینی(*P. vera* cv. Ghazvini) استفاده گردید. تمامی بذرهای مورد استفاده در این تحقیق از موسسه تحقیقات پسته کشور تهیه گردید. در ذیل مشخصات و ویژگی‌های خاص هر پایه ذکر شده است

۳-۳-۱- مشخصات پایه قزوینی

این رقم ظاهراً همان رقم کله‌بزی قزوین است. رقمی است با میوه بادامی شکل و خوشه‌بندی پر، خیلی زودرس و به آفات سن و شیره حساس است. بذر آن نسبتاً ریز و هر اونس آن شامل ۴۵-۳۵ عدد پسته

می‌باشد. این رقم بیشتر برای ارقام تجاری معروف در خزانه کشت می‌گردد. تعداد زیادی از درختان این رقم در اطراف قزوین کشت می‌شود (پناهی و همکاران، ۱۳۷۹) .

۳-۳-۲ - مشخصات پایه بادامی زرند

میوه این رقم بادامی شکل، ریز و خنجر مانند است، که رنگی کدر دارد. منشا آن از باغات قدیمی واقع در منطقه زرند کرمان می‌باشد. اکثر برگ‌های آن ۵ برگچه‌ای هستند. رقمی زودگل بوده و در نیمه اول مرداد ماه قابل برداشت می‌باشد و به این دلیل جزء ارقام خیلی زودرس میباشد(شیبانی و همکاران، ۱۳۷۳).

۳-۳- ۳- مشخصات پایه سرخسی

این پایه جزء پایه‌های گونه اهلی (*P. vera*) بوده و بصورت خودرو تقریبا به میزان ۱۷ هزار هکتار در شمال خراسان و استان گلستان دیده می‌شود. این پایه را مادر پسته‌های ایران و سایر پسته‌های اهلی دنیا می‌دانند، پایه‌ای پر رشد تقریبا مقاوم به شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (شیبانی و همکاران، ۱۳۷۳).

۳-۴- مراحل آماده‌سازی بذور برای کشت

ابتدا توده‌ای از بذور سالم و خندان هر پایه از مؤسسه تحقیقات پسته تهیه شد. بذور را ۲۴ ساعت قبل از کشت در آب خیسانده و هر سه پایه با قارچ کش بنومیل با غلظت ۲/۵ در هزار و کاپتان۱/۵ درهزار ضدعفونی شد. سپس بذور را پس از ضدعفونی در پارچه متقال پیچیده بعد از گذشت دو تا سه روز نیش زده‌ها را به صورت بغلی در گلدان‌های پلی اتیلنی حاوی پرلایت و ماسه و کود دامی به ترتیب به نسبت ۳: ۳: ۱ در گلخانه کشت گردید سپس دانهال‌ها تا مرحله پانزده برگی در گلخانه نگهداری شد و بعد از آن به ژرمیناتور جهت اعمال تیمارهای دمایی ذکر شده منتقل گردیدند. در طول مدت آزمایش دمای متوسط روزانه گلخانه ۳۰ درجه سانتی گراد و دمای متوسط شبانه ۲۵ درجه سانتی گراد بود داده‌های مربوطه با استفاده از دماسنج‌های ماکزیمم و مینیمم ثبت گردید.

۳-۵ - انتقال دانهال‌ها به ژرمیناتور

پس از کشت بذور آبیاری گلدان‌ها به صورت هر دو روز یک بار انجام گردید. پس از رشد دانهال‌ها و رسیدن به مرحله ۱۵ برگی دانهال‌ها به ۴ بخش تقسیم شد و در اتاقک رشد با طول مدت روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت با میزان نور۵۰۰۰ لوکس در دماهای تیمارهای ذکر شده به مدت ۱۵ روز نگهداری شد. با توجه به اینکه دمای خاک تا عمق ۵۰ سانتی متری متاثر از دمای هوا می‌باشد برای تثبیت دمای مورد نظر در خاک و محاسبه مدت زمان مورد نیاز برای رسیدن دمای گلدان‌ها به دمای مورد نظر در هر ژرمیناتور از دماسنج های جیوه ای در داخل خاک گلدان های پلاستیکی استفاده گردید

۳-۶- اندازه‌گیری پارامترها

۳-۶-۱- اندازه‌گیری پارامترهای مرفولوژیکی و رشدی

به منظور بررسی اثرات دماهای مختلف محیط بر جذب عناصر غذایی درانتهای دوره آزمایش پارامترهای مرفولوژیکی مانند ارتفاع نهال‌ها، طول ریشه، وزن تر و خشک اندام‌های مختلف، تعداد برگ، سطح برگ اندازه‌گیری شدند در انتهای آزمایش گیاهان از گلدان‌ها خارج و اقدام به شستن ریشه‌های آنها گردید و به منظور اندازه گیری وزن تر و خشک اندام‌ها، گیاهان به اندام‌های ریشه شاخه و برگ تقسیم شدند. بلافاصله وزن تر اندام‌ها با استفاده از ترازو با دقت ۰/۱ گرم اندازه گیری شدند. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون خشک شدند و با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد. هم‌چنین جهت اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح سنج برگ مدل A3

Light ساخت انگلستان استفاده شد. صفاتی مانند ارتفاع ساقه و طول ریشه با استفاده از خط کش با دقت میلی متر اندازه‌گیری شد.

۳-۶-۲-اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی

به منظور بررسی اثرات دماهای مختلف محیط بر جذب عناصر غذایی در روز دوازدهم انتهای دوره آزمایش پارامترهای فیزیولوژیکی مختلف مانند هدایت روزنه‌ای، میزان نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل (شاخص اسپد) اندازه‌گیری شد. برای تخمین غلظت کلروفیل در روز دوازدهم با دستگاه SPAD مدل۵۰۲ ساخت ژاپن، میزان سبزینگی با نمونه برداری از وسط پهنک برگ‌های هشتم و نهم انجام و از میانگین اعداد به دست آمده، استفاده شد.

برای اندازه گیری میزان آب نسبی برگ (RWC) [1] ابتدا با استفاده از پانچ دیسک های برگی به قطر یک سانتی متر و به تعداد۱۰ دیسک برگی از برگ های هشتم و نهم گرفته شد بلافاصله وزن تر آنها اندازه گیری شد برای محاسبه وزن آماس نیز دیسک‌های برگی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ ساعت درون آب مقطر غوطه ور شدند. بعد از طی مدت زمان آب‌گیری، قطعات برگ با دستمال کاغذی به‌آرامی خشک گردیدند و بلافاصله وزن شدند ، تا وزن در هنگام آماس به‌دست آمد. پس از آن قطعات برگ در آون۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند تا وزن خشک به‌دست آمد. سپس RWC از طریق رابطه زیر محاسبه شد(Yamasakhi, *et al*. 1999).

$$RWC = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن آماس} - \text{وزن خشک}} \times 100 \qquad (۱-۳)$$

1-Relative Water Content

برای اندازه گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر (مدل SC-1) استفاده گردید. برای اندازه گیری میزان هدایت روزنه‌ای در روز دوازدهم از پهنک برگ‌های هشتم و نهم نمونه برداری انجام گردید و از میانگین داده‌های به دست آمده استفاده گردید

۳-۷- اندازه‌گیری مواد معدنی

برای اندازه گیری مواد معدنی ابتدا اندام‌های گیاهی(برگ، ساقه، ریشه) آسیاب شده و از الک نیم مش عبور داده شد سپس عصارهٔ آنها تهیه شد که برای تهیه عصاره گیاهی مقدار ۰/۳گرم از نمونه‌های گیاهی به لوله‌های‌هضم[۱] منتقل شد سپس ۲/۵ میلی لیتر از مخلوط اسیدها (۳/۵ گرم سلنیم[۲] در ۱۰۰۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک[۳] با ۷/۲ گرم اسید سالسیلیک[۴]) را به نمونه‌های گیاهی اضافه کرده و ۲۴ ساعت به حالت سکون در بلوک هضم قرار داده بعد از طی ۲۴ ساعت، نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت، در دمای$100^{\circ}C$حرارت داده و بعد از این مرحله جمعاً ۳ میلی لیتر آب اکسیژنه[۵] به هر لولهٔ هضم اضافه شد. بعد از انجام واکنش با آب اکسیژنه، این لوله‌ها در بلوکهای هضم تا دمای $330^{\circ}C$ حرارت داده شدند تا رنگ عصاره بیرنگ و یا زرد کمرنگ شد. این عمل ۳-۲ساعت به طول انجامید سپس به محتوی لوله‌ها۴۸/۳ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید(امامی،۱۳۷۵).

۳-۷-۱- اندازه‌گیری ازت

اندازه گیری ازت کل به‌روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه کجلدال[۶] نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 20S اندازه‌گیری شد. در این مدل تنها آخرین مرحله، یعنی تیتراسیون به صورت دستی انجام می‌گیرد و تنها قابلیت تعیین میزان نیتروژن را دارد. بعد از اتمام عمل تقطیر توسط دستگاه به ارلن حاوی

2- Digestion tubes
3- Se
1- H_2SO_4
2- $C_7H_6O_3$
3- H_2O_2
4- Kejeldahl

عصاره گیاهی ۱ میلی لیتر از مخلوط معرف‌های متیل رد و بروموکروزول گرین را اضافه کرده که در این مرحله رنگ محلول به رنگ سبز تغییر رنگ می‌یابد. سپس با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ قرمز آلبالویی یاصورتی تیتر می‌گردد میزان درصد ازت در نمونه خشک گیاه از فرمول زیر محاسبه می‌شود. (امامی،۱۳۷۵).

$$N = 0.56 \times t \times (a-b) \times \frac{V}{W} \times \frac{100}{D.M} \qquad (۲-۳)$$

دررابطه فوق :

t = غلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون بر حسب مول در لیتر

a= مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه برحسب میلی‌لیتر

b= مقداراسید مصرفی برای تیتراسیون شاهد برحسب میلی‌لیتر

w= وزن نمونه برحسب گرم

V = حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب میلی لیتر

N = درصد ازت در نمونه‌های گیاهی

۳-۷-۲- اندازه گیری فسفر

فسفر به‌روش کالریمتری رنگ زرد مولیبدات وانادات و توسط دستگاه اسپکترفتومتر[1] با طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این روش سری محلول‌های استاندارد فسفر برای رسم منحنی استاندارد ساخته شدند و به ۵ میلی لیتر عصارهٔ گیاه مقدار۵ میلی لیتر از محلول آمونیم مولیبدات-وانادات اضافه شد و

1- Spectrophotometer

درون لوله‌های آزمایش ۲۵ میلی لیتر ریخته و به حجم رسانده شد و سپس میزان فسفر توسط دستگاه اسپکترفتومتر(Unicam, U.K) قرائت شد. میزان فسفر بر حسب درصد از فرمول زیر محاسبه گردید (امامی، ۱۳۷۵)

$$(a-b)\times\frac{V}{2000W}\times\frac{100}{D.M} \qquad (۳-۳)$$

در این فرمول:

a - غلظت فسفر نمونه (میلی گرم بر لیتر)

b – غلظت فسفر شاهد (میلی گرم بر لیتر)

V – حجم نهایی عصاره در مرحلهٔ هضم (میلی لیتر)

W – وزن گیاه خشک مورد استفاده جهت هضم (گرم)

DM – مادهٔ خشک گیاهی (٪)

۳-۷-۳-اندازه‌گیری پتاسیم

اندازه‌گیری پتاسیم با روش نشر شعله‌ای AES[1] با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتری[2](Jenway, U.K) تعیین گردید. ابتدا محلولهای استاندارد ۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کلرید پتاسیم(KCl) را تهیه کرده و منحنی استاندارد آنها توسط دستگاه فلیم‌فتومتر رسم گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ گیاهی را در در بالن ژوژه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و مقدار پتاسیم نمونه با دستگاه فلیم‌فتومتر برحسب میلی‌گرم در لیتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقدار پتاسیم بر حسب درصد وزن مادهٔ خشک گیاهی محاسبه گردید (امامی،۱۳۷۵).

1- Atomic Emission Spectrometry
2- Flame Photometer

$$(a-b)\times\frac{1}{1000}\times\frac{V}{W}\times\frac{100}{D.M} \qquad (۴-۳)$$

در این فرمول:

a – غلظت پتاسیم نمونهٔ رقیق شده (میلی گرم بر لیتر)

b - غلظت پتاسیم شاهد(میلی گرم بر لیتر)

V – حجم عصارهٔ حاصل از عمل هضم (میلی لیتر)

W – وزن نمونهٔ گیاهی (گرم)

DM – مادهٔ خشک گیاهی (٪)

۳-۷-۴- اندازه گیری مجموع کلسیم و منیزیم

اندازه گیری کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون صورت گرفت ابتدا ۵ میلی لیتر از عصاره تهیه شده هضم خشک گیاه را برداشته و با مقداری آب مقطر (حدود ۱۰ میلی لیتر) مخلوط کرده سپس ۵ میلی‌لیتر بافر آمونیاکال اضافه کرده تا pH را به محدوده ۹ الی ۱۰رسانده و سپس با نوک اسپاتول از معرف اریوم بلک تی(EBT) بر روی آن می‌ریزیم سپس با EDTA ۰.۰۱ نرمال تیتر می‌کنیم و تیتراسیون را تا تغییر رنگ از قرمز پر رنگ تا حد واسط آبی و بنفش ادامه می‌دهیم و سپس حجم EDTA مصرفی را یادداشت می‌کنیم و میزان کلسیم و منیزیم در نمونه را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم (غازان شاهی،۱۳۷۶)

$$Ca^{2+},mg^{2+}=\frac{\text{عدد قرائت شده از تیتراسیون} * \text{نرمالیته} EDTA}{\text{حجم نمونه مصرفی}}$$

۳-۷-۵-اندازه‌گیری کلسیم

اندازه‌گیری کلسیم به روش تیتراسون صورت گرفت که ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی را با ۱۰میلی‌لیتر آب مقطر ترجیحا با همان پی‌پتی که عصاره را گرفته آب را نیز می‌گیریم تا پی‌پت کاملا شسته شود سپس ۵ میلی‌لیتر سود (NaoH) ۴ نرمال اضافه کرده و سپس با نوک پنس مقدار جزئی معرف مورکساید اضافه کرده و سپس با EDTA (۰.۰۱ نرمال) تا ظهور رنگ بنفش مایل به آبی تیتر می‌شود و حجم EDTA مصرفی را یادداشت می‌کنیم سپس میزان کلسیم در نمونه گیاهی را برحسب میلی اکی‌والان بر لیتر از رابطه (۳-۵) محاسبه می‌کنیم (غازان شاهی،۱۳۷۶).

$$Ca^{2+} = \frac{\text{عدد قرائت شده از تیتراسیون} * \text{نرمالیته } EDTA}{\text{حجم نمونه مصرفی}}$$

۳-۷-۶- اندازه گیری منیزیم

جهت اندازه گیری منیزیم ابتدا میزان کلسیم را از روش ۳-۷-۵ محاسبه کرده و سپس میزان کلسیم و منیزیم را نیز از روش ۳-۷-۴ محاسبه کرده حال برای محاسبه منیزیم میزان کلسیم را از مجموع کلسیم بعلاوه منیزیم کم نمودیم تا عدد نهایی منیزیم بدست آید. (غازان شاهی،۱۳۷۶).

Mg^{+2}= A - B

A - میزان کلسیم در نمونه گیاهی (میلی اکی والان بر لیتر)

B - میزان کلسیم و منیزیم در نمونه گیاهی(میلی اکی والان بر لیتر)

۳-۷-۷- اندازه‌گیری سدیم

اندازه‌گیری سدیم با روش نشر شعله‌ای AES[1] با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتری[2](Jenway, U.K) تعیین گردید ابتدا محلولهای استاندارد ۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کلریدسدیم(NaCl) را تهیه کرده و منحنی استاندارد آنها توسط دستگاه فلیم‌فتومتر رسم گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ گیاهی را در بالن ژوژه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده و مقدار سدیم نمونه با دستگاه فلیم‌فتومتر برحسب میلی‌گرم در لیتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقدار سدیم بر حسب درصد وزن مادهٔ خشک گیاهی محاسبه گردید (امامی، ۱۳۷۵)

$$(a-b)\times\frac{1}{1000}\times\frac{V}{W}\times\frac{100}{D.M} \qquad (۵-۳)$$

در این فرمول:

a – غلظت سدیم نمونهٔ رقیق شده (میلی گرم بر لیتر)

b - غلظت سدیم شاهد (میلی گرم بر لیتر)

V – حجم عصارهٔ حاصل از عمل هضم (میلی لیتر)

W – وزن نمونهٔ گیاهی (گرم)

DM – مادهٔ خشک گیاهی (٪)

1- Atomic Emission Spectrometry
2- Flame Photometer

۳-۸- اندازه گیری سرعت جذب ریشه

سرعت جذب ریشه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Turner, and Lahav,1985)

$$R_r = \left(\frac{\ln W_{r2} - \ln W_{r1}}{t_2 - t_1}\right) \cdot \left(\frac{M_2 - M_1}{W_{r2} - W_{r1}}\right) \qquad (۶-۳)$$

Rr - میانگین جذب ریشه در دوره آزمایش (۱۵روز)، W_{rl}- وزن خشک ریشه در زمان t_l قبل از اعمال تیمار دمایی و W_{r2} وزن خشک ریشه بعد از اعمال تیمار دمایی، M_1 وزن مواد غذایی در دانهال‌های پسته قبل از اعمال تیمار دمایی و M_2 نیز وزن مواد غذایی در دانهال‌های پسته بعد از اعمال تیمار های دمایی که وزن مواد غذایی در دانهال های پسته به طور کل از رابطه زیر محاسبه شد

$$C_w = \frac{M_w}{D_w}$$

که C_W غلظت عنصر غذایی مورد نظر در گیاه بر حسب درصد و M_W وزن عنصر غذایی مورد نظر در گیاه و D_W وزن ماده خشک گیاهی بر حسب درصد می باشد و t_2 نیز مدت زمان اعمال تیمار ۱۵ روز می‌باشد

۳-۹- اندازه گیری سرعت جذب گیاه

سرعت جذب گیاه نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Turner, and Lahav,1985)

$$R_p = WC_m(R_w + R_c) \qquad (۷-۳)$$

R_p - میانگین جذب گیاه در طول دوره آزمایش(۱۵ روز) و W وزن کل گیاه و C_m نیز غلظت عنصر غذایی مورد نظر در گیاه و R_w سرعت رشد نسبی که با استفاده از فرمول ذیل محاسبه شد

$$R_w = \left(\frac{1}{w}\right)\left(\frac{dw}{dt}\right)$$

و Rc - تغییرات نسبی غلظت عناصر غذایی که از رابطه زیر محاسبه شد

$$R_c = \left(\frac{1}{C_m}\right)\left(\frac{dc_m}{dt}\right)$$

و t مدت زمان اعمال تیمار دمایی (۱۵روز) می‌باشد.

۳-۱۰- اندازه گیری سرعت انتقال عناصر

سرعت انتقال عنصر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد(Ruiz et al., 1997) .

$$SAR = (1/RDW)(M/T) \quad (۳-۸)$$

RDW - وزن خشک ریشه بر حسب گرم

M - میزان عنصر بر حسب میلی‌گرم در گیاه

T - زمان تیمار(۱۵ روز)

۳-۱۱ تجزیه آماری داده

در این تحقیق تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS9.1 و MSTAT انجام شد و مقایسه میانگین با استفاده از روش آزمون LSD و دانکن انجام گردید. همبستگی بین صفات با نرم افزار17 SPSS با ضریب پیرسون انجام پذیرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

فصل چهارم

نتایج

۴-۱- خصوصیات رشدی

۴-۱-۱- ویژگی های رشدی

۴-۱-۱-۱- تعداد برگ

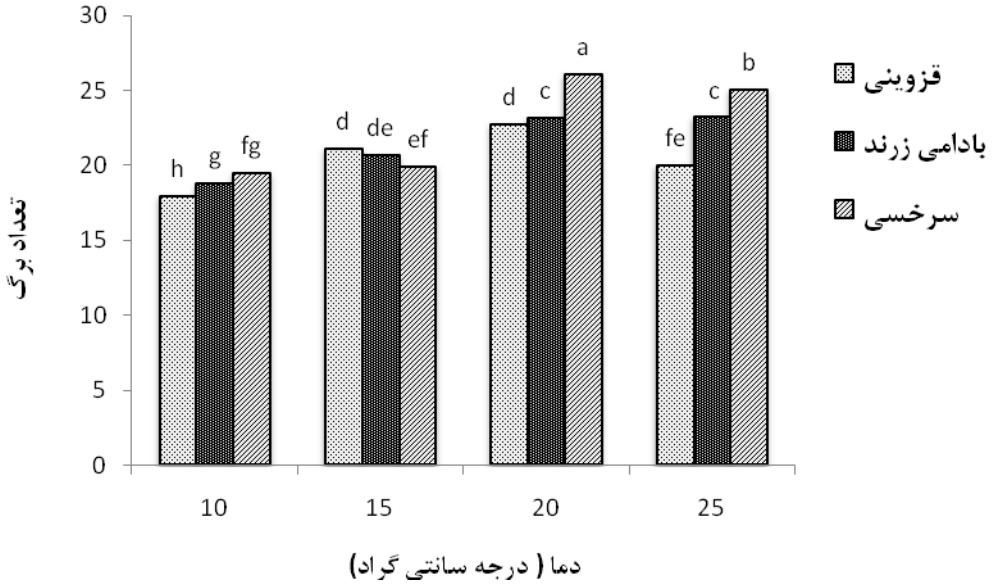
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده پایه و دما و اثرات متقابل آنها بر صفت تعداد برگ در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱)

جدول۴-۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی پایه های پسته در دماهای مختلف محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	تعداد برگ	وزن تر برگ (g)	طول ساقه (cm)	وزن ترساقه(g)	وزن خشک ساقه(g)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه(g)	نسبت اندام هوایی به ریشه
پایه رویشی	۲	۱۴/۳۳**	۰/۷۲**	۴۰۲/۲۶**	۱/۶۳**	۰/۱۱**	۲/۸۴$^{n.s}$	۰/۴۲**	۰/۰۰۳**	۴/۲۱*
دما	۳	۴۸/۶۶**	۰/۱۵**	۱۹/۲۸$^{n.s}$	۰/۱۲**	۰/۰۲**	۷/۸۶$^{n.s}$	۰/۰۴*	۰/۰۰۱**	۰/۰۹$^{n.s}$
پایه × دما	۶	۶/۰۵**	۰/۰۲$^{n.s}$	۱۳/۳۵$^{·}$	۰/۰۵$^{n.s}$	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۴/۵۴$^{n.s}$	۰/۱۱**	۰/۰۰۰۴$^{n.s}$	۱/۴۹$^{n.s}$
خطا	۲۴	۰/۱۸	۰/۷۶	۹/۶۰	۰/۵۷	۰/۰۰۳	۴/۴۵	۰/۳۸	۰/۰۰۰۴	۰/۸۰
CV%		۲/۰۰۸	۱۸/۱۲	۱۲/۱۱	۱۵/۳۳	۱۸/۹۳	۹/۹۴	۱۸/۲۰	۱۹/۱۶	۱۷/۲۵

*، ** ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد وعدم اختلاف معنی دار

مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما در نمودار ۴-۱ نشان داده شده است که بیشترین تعداد برگ در پایه سرخسی و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و کمترین تعداد برگ در پایه قزوینی و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حاصل گردید لذا با افزایش دمای محیط تعداد برگ نیز در هر سه پایه افزایش یافت اما تعداد برگ در هر سه پایه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود.



نمودار ۴-۱ مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما بر صفت تعداد برگ

۴-۱-۱-۲- وزن تر و خشک برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۴-۱ اثرات ساده دما و پایه بر روی وزن تر و خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل (پایه و دما) تاثیر معنی‌داری بر روی صفات مذکور نداشت در ارتباط با پایه‌ها مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین پایه‌ها از نظر وزن تر و خشک برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت و پایه بادامی‌زرند وزن تر و خشک برگ بیشتری داشت در حالی که دو پایه دیگر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴-۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات دماهای مختلف بر روی وزن تر و خشک برگ نشان داد که بیشترین وزن تر برگ در پایه‌های پسته به ترتیب در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط به دست آمد و کمترین میزان آن در دمای ۱۰ و ۱۵درجه سانتی‌گراد حاصل شد و هم چنین با افزایش دمای محیط وزن خشک برگ نیز در پایه‌های پسته افزایش یافت (جدول ۴-۳).

جدول۴- ۲- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر صفات وزن تر و خشک برگ

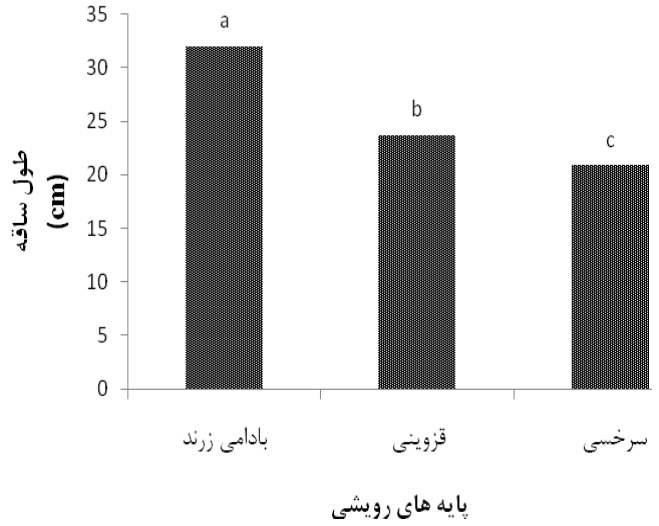
	نوع پایه	وزن تر برگ(g)	وزن خشک برگ(g)
	بادامی زرند	۱/۲۶a	۰/۳۰a
پایه رویشی	قزوینی	۰/۸۹b	۰/۲۳b
	سرخسی	۰/۸۰b	۰/۲۱b

جدول ۴- ۳- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر صفات وزن تر و خشک برگ

	دما (درجه سانتی گراد)	وزن تر برگ(g)	وزن خشک برگ(g)
	۱۰	۰/۹۲ bc	۰/۲۱ b
تیمار دمایی	۱۵	۰/۸۴ c	۰/۲۰ b
	۲۰	۱/۱۲ a	۰/۳۰ a
	۲۵	۱/۰۶ ab	۰/۲۹ a

۴-۱-۲-۱ - طول ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۴-۱ نشان داد که اثر ساده پایه بر طول ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی صفت طول ساقه تحت تاثیر دما و اثرات متقابل دما و پایه قرار نگرفت. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده پایه روی صفت طول ساقه در نمودار ۴-۲ نشان داده شده است بلندترین طول ساقه در پایه بادامی زرند و کمترین طول ساقه در پایه سرخسی به دست آمد.



نمودار۴- ۲- مقایسه میانگین اثر ساده پایه روی صفت طول ساقه

۴-۱- ۲-۲- نتایج اثر تیمارهای مختلف بر وزن تر و خشک ساقه

بر طبق نتایج به دست آمده اثرات ساده پایه و دما بر روی میزان وزن تر و خشک ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل آنها بر روی وزن تر و خشک ساقه معنی‌دار نبود(جدول ۴-۱). مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر صفت وزن تر و خشک ساقه نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک

ساقه مربوط به پایه بادامی زرند است و بعد از آن هم به ترتیب پایه‌های قزوینی و سرخسی قرار دارند(جدول۴-۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر ساده دما بر وزن تر و خشک ساقه نشان داد بیشترین وزن تر و خشک ساقه در دماهای(۲۰ و ۲۵) درجه سانتی‌گراد حاصل شد و کمترین وزن تر و خشک ساقه در دماهای پایین (۱۰و۱۵)درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۴-۵).

جدول۴- ۴ مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر صفات وزن تر و خشک ساقه

	نوع پایه	وزن ترساقه(g)	وزن خشک ساقه (g)
	بادامی زرند	۱/۴۲a	۰/۴۱a
پایه رویشی	**قزوینی**	۰/۸۹b	۰/۲۵b
	سرخسی	۰/۷۱c	۰/۲۳b

جدول۴- ۵ مقایسه میانگین اثر ساده دما بر صفات وزن تر و خشک ساقه

	دما (درجه سانتی گراد)	وزن ترساقه(g)	وزن خشک ساقه (g)
	۱۰	۰/۹۴ b	۰/۲۷ bc
تیمار دمایی	**۱۵**	۰/۸۹ b	۰/۲۴ c
	۲۰	۱/۰۴ ab	۰/۳۲ ab
	۲۵	۱/۱۵ a	۰/۳۵ a

۴-۱-۳ صفات مربوط به ریشه

۴-۱-۳-۱- نتایج اثر تیمارهای مختلف بر طول ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که صفت طول ریشه در دانهال‌های پسته تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای مورد آزمایش قرار نگرفت (جدول ۴-۱)

۴-۱-۳-۲ نتایج اثر تیمارهای مختلف بر وزن تر و خشک ریشه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده پایه و اثرات متقابل پایه و دما بر صفت وزن تر ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید درحالی‌که اثر ساده دما برای صفت وزن تر ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و برای صفت وزن خشک ریشه اثرات ساده پایه و دما در سطح یک درصد معنی دار گردید و اثرات متقابل پایه و دما برای صفت وزن خشک ریشه غیرمعنی دار گردید (جدول۴-۱). مقایسه میانگین اثرات ساده پایه و دما بر وزن تر و خشک ریشه نشان داد بیشترین وزن تر و خشک ریشه مربوط به پایه بادامی‌زرند است. در حالی که بین دو پایه دیگر از نظر این صفت اختلاف معنی داری مشاهده نشد(جدول ۴-۶). هم چنین با افزایش دما وزن تر و خشک ریشه نیز در پایه‌های مورد بررسی افزایش یافت(جدول۴-۷).

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر وزن تر و خشک ریشه

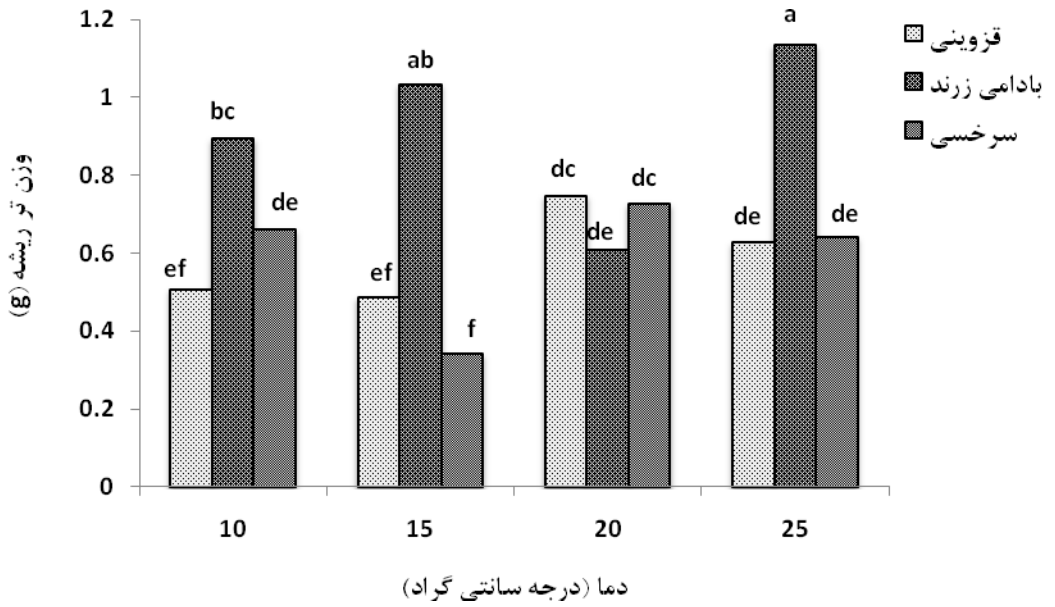
	نوع پایه	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
پایه رویشی	بادامی زرند	۰/۹۱a	۰/۱۲a
	قزوینی	۰/۵۹b	۰/۰۹b
	سرخسی	۰/۵۹b	۰/۰۹b

جدول ۴-۷ مقایسه میانگین اثر ساده دما بر وزن تر و خشک ریشه

	دما (درجه سانتی گراد)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
تیمار دمایی	۱۰	۰/۶۸ ab	۰/۰۹ b
	۱۵	۰/۶۲ b	۰/۰۸ b
	۲۰	۰/۶۹ ab	۰/۱۲ a
	۲۵	۰/۸۰ a	۰/۱۲ a

بررسی نمودار ۴ -۳ نشان داد وزن تر ریشه در پایه‌های بادامی زرند و قزوینی در دماهای ۱۰و۱۵ درجه سانتی‌گراد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته در حالی که با مقدار وزن تر ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. بیشترین وزن تر ریشه در پایه بادامی‌زرند در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و کمترین مقدار وزن تر ریشه در پایه سرخسی در دمای ۱۵ درجه

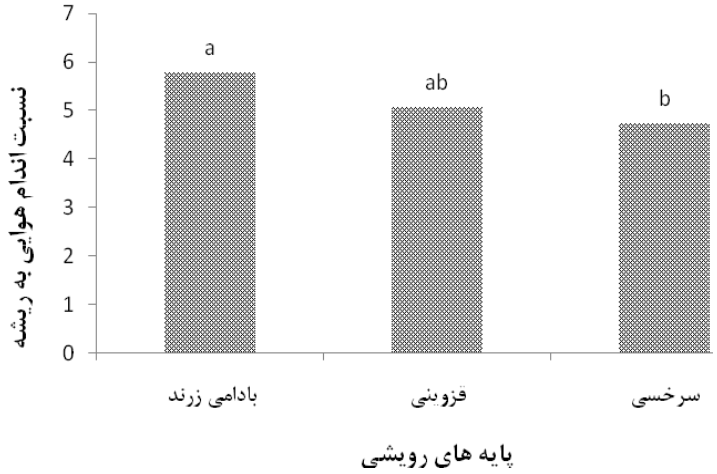
سانتی‌گراد به دست آمد که میزان وزن تر ریشه در این پایه با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت.



نمودار۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر صفت وزن تر ریشه

۴-۱-۳-۳- نسبت اندام هوایی به ریشه

در ارتباط با نسبت اندام هوایی (برگ و ساقه) به ریشه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تنها، اثر ساده پایه بر این صفت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و تاثیر سایر تیمارها بر روی این صفت معنی‌دار نبود و مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که پایه بادامی‌زرند دارای بیشترین نسبت اندام هوایی به ریشه در بین پایه‌های مورد بررسی است(نمودار۴-۴). این صفت تحت تاثیر دما و اثرات متقابل (پایه در دما) قرار نگرفت .



نمودار۴-۴- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر نسبت اندام هوایی به ریشه

۴-۲- پارامتر های فیزیولوژیکی

جدول ۴-۸- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی پایه های پسته در دماهای مختلف محیط

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	هدایت روزنه ای ($m.mol/m^2s$)	میزان نسبی آب بافت برگ (RWC) (٪)	شاخص سبزینگی (اسپد)	سطح برگ (mm)
پایه رویشی	۲	۱۰۵۹۶/۶۱ $^{n.s}$	۲۵/۴۱ $^{n.s}$	۴۱/۹۳**	۶۱۳۱۷۳۵۳۷۲**
دما	۳	۱۱۰۳۷۸/۴۳**	۲۷۷۸/۹۷**	۶۹/۷۴**	۴۲۴۲۷۱۹۹۰۲**
پایه × دما	۶	۱۶۳۲۵/۴۴**	۱۲۷/۴۲**	۱۰/۰۱۴*	۱۵۸۶۷۹۷۶۲ $^{n.s}$
خطا	۲۴	۳۵۹۳/۸۲	۳۱/۸۹	۳/۴۴	۴۰۳۱۶۱۴۳
CV%		۲۰/۸۹	۹/۶۳	۴/۸۰	۲۱/۱۵

*، ** ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد وعدم اختلاف معنی دار

۴-۲-۱- هدایت روزنه‌ای

باتوجه به جدول تجزیه واریانس تفاوت بین اثر تیمارهای دمایی و اثرات متقابل پایه و دما بر هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار گردید اما اثر ساده پایه بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار نشد (جدول ۴-۸)

۴-۲-۱-۱- اثر ساده دما بر هدایت روزنه‌ای

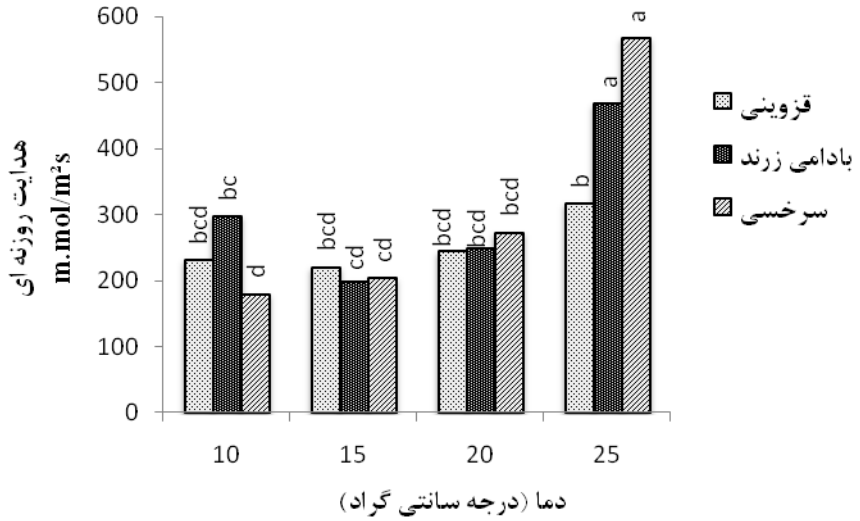
مقایسه میانگین هدایت روزنه‌ای در دماهای مختلف مورد بررسی نشان داد بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای مربوط به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و بین دماهای ۱۰ ،۱۵ و۲۰ درجه سانتی‌گراد محیط به لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴-۹).

جدول ۴-۹ – مقایسه میانگین اثر ساده دما بر صفت هدایت روزنه ای

	دما (درجه سانتی گراد)	هدایت روزنه ای ($m.mol/m^2s$)
تیمار دمایی	۱۰	۲۳۵/۹۱ b
	۱۵	۲۰۶/۷۵ b
	۲۰	۲۵۴/۷۴ b
	۲۵	۴۵۰/۴۱ a

۴-۲-۱-۲ - اثرات متقابل پایه و دما بر هدایت روزنه‌ای

بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما نشان داد که در پایه سرخسی با افزایش دمای محیط میزان هدایت روزنه‌ای نیز افزایش یافت به طوری‌که در این پایه کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محیط به دست آمد. اختلاف معنی‌داری در میزان هدایت روزنه‌ای پایه قزوینی در دماهای ۱۵،۱۰و۲۰ درجه سانتی گراد محیط مشاهده نشد اما میزان هدایت روزنه‌ای در این پایه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در پایه بادامی زرند نیز، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محیط مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر دماهای مورد بررسی نشان داد (نمودار۴-۵)



نمودار۴- ۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر میزان هدایت روزنه ای

۴-۲-۲- میزان نسبی آب بافت برگ(Rwc)

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر ساده دما و اثرات متقابل پایه در دما بر روی صفت میزان نسبی آب بافت برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید اما اثر ساده پایه بر میزان نسبی آب بافت برگ غیر معنی‌دار بود (جدول ۴-۸).

۴-۲-۲-۱- اثرات ساده دما بر میزان نسبی آب بافت برگ

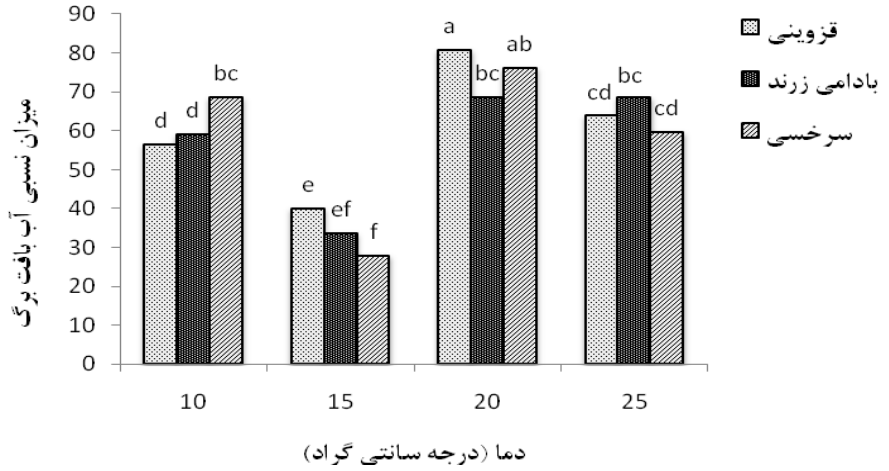
در ارتباط با اثر تیمارهای دمایی مختلف بر میزان نسبی آب بافت برگ نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان نسبی آب بافت برگ در تیمارهای دمایی مختلف از روند منظمی برخوردار نبوده به طوری‌که بیشترین میزان نسبی آب بافت برگ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد محیط و کمترین میزان نسبی آب بافت برگ در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید(جدول ۴-۱۰).

جدول ۴-۱۰ مقایسه میانگین اثر ساده دما بر میزان نسبی آب بافت برگ

	دما (درجه سانتی گراد)	میزان نسبی آب برگ (RWC) (٪)
تیمار دمایی	۱۰	۶۱/۳۸ b
	۱۵	۳۳/۸۵ c
	۲۰	۷۵/۲۳ a
	۲۵	۶۴/۰۳ b

۴-۲-۲-۲- اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب بافت برگ (RWC)

مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب بافت برگ در نمودار ۴ -۶ آمده است. بیشترین میزان نسبی آب بافت برگ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در پایه قزوینی و کمترین میزان آن در این دما در پایه بادامی‌زرند حاصل شد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مقدار میزان نسبی آب بافت برگ در پایه بادامی‌زرند بیشتر از پایه‌های سرخسی و قزوینی بود در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط به ترتیب پایه قزوینی، بادامی‌زرند و سرخسی بیشترین مقدار میزان نسبی آب بافت برگ را در این دما به خود اختصاص دادند. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد محیط بیشترین مقدار نسبی آب بافت برگ در پایه سرخسی به دست آمد ولی دو پایه دیگر به لحاظ میزان نسبی آب بافت برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند با توجه به نتایج به دست آمده میزان نسبی آب برگ در دماها و پایه‌های مورد بررسی از روند منظمی برخوردار نبود به طوری‌که در تیمارهای دمایی مختلف نتایج متفاوتی حاصل شد و به لحاظ اینکه میزان نسبی آب بافت برگ تحت تاثیر روابط آب، خاک و گیاه قرار می‌گیرد لذا تیمارهای مورد آزمایش تاثیر منظمی را بر روی میزان نسبی آب بافت برگ نداشته‌اند.



نمودار۴ - ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب بافت برگ

۴-۲-۳- میزان شاخص سبزینگی (اسپد)

اثرات ساده پایه و دما بر میزان شاخص سبزینگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود و هم چنین اثرات متقابل پایه در دما بر روی میزان شاخص سبزینگی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۴-۸)

۴-۲-۳-۱- اثرات ساده پایه و دما بر میزان شاخص سبزینگی (اسپد)

مقایسه میانگین اثر پایه بر شاخص سبزینگی نشان می‌دهد بیشترین میزان شاخص سبزینگی در پایه‌های بادامی‌زرند و قزوینی مشاهده گردید و کمترین میزان شاخص سبزینگی مربوط به پایه سرخسی بود (جدول ۴-۱۱). هم چنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین دماهای مختلف نشان داد میزان شاخص سبزینگی در دماهای بالا (۲۰ و ۲۵) درجه سانتی‌گراد بیشتر از دماهای پایین (۱۰ و ۱۵) درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۴-۱۲).

جدول ۴- ۱۱- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر صفت شاخص میزان سبزینگی (اسپد)

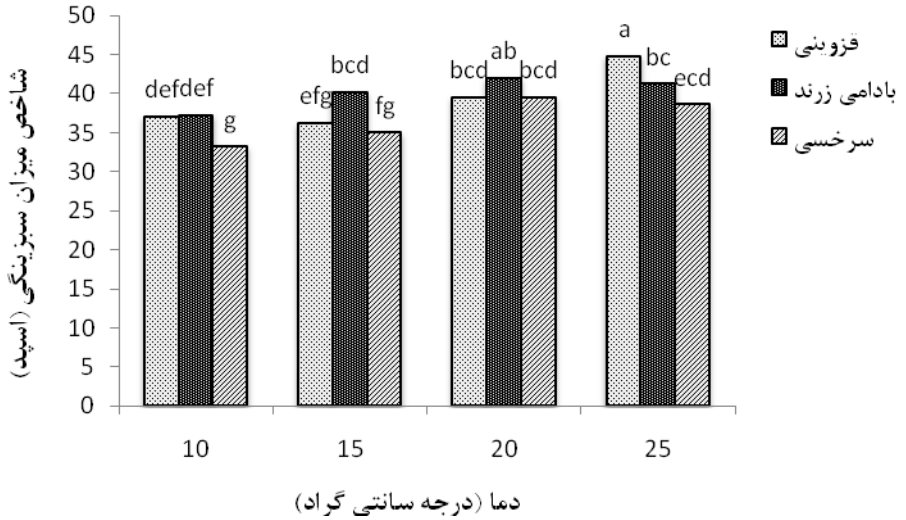
	نوع پایه	شاخص میزان سبزینگی (اسپد)
پایه رویشی	بادامی زرند	۴۰/۱۱a
	قزوینی	۳۹/۳۶a
	سرخسی	۳۶/۵۶b

جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر ساده دما بر شاخص میزان سبزینگی(اسپد)

	دما (درجه سانتی گراد)	شاخص میزان سبزینگی(اسپد)
تیمار دمایی	۱۰	۳۵/۸۰ b
	۱۵	۳۷/۰۸ b
	۲۰	۴۰/۳۰ a
	۲۵	۴۱/۵۳ a

۴-۲-۳-۲- اثرات متقابل پایه و دما بر میزان شاخص سبزینگی (اسپد)

نتایج در ارتباط با اثرات متقابل پایه در دما بر میزان شاخص سبزینگی نشان داد در پایه سرخسی با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان شاخص سبزینگی نیز در این پایه افزایش یافت در حالی‌که با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد شاخص سبزینگی به میزان بسیار جزئی کاهش یافت در پایه قزوینی نیز میزان شاخص سبزینگی در دماهای ۱۰و ۱۵ درجه سانتی‌گراد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت و با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد میزان شاخص سبزینگی در این پایه افزایش یافت در پایه بادامی زرند نیز با افزایش دما از ۱۰تا۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان شاخص سبزینگی در این پایه افزایش یافت درحالی‌که با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مقدار بسیار جزئی کاهش یافت (نمودار۴-۷)



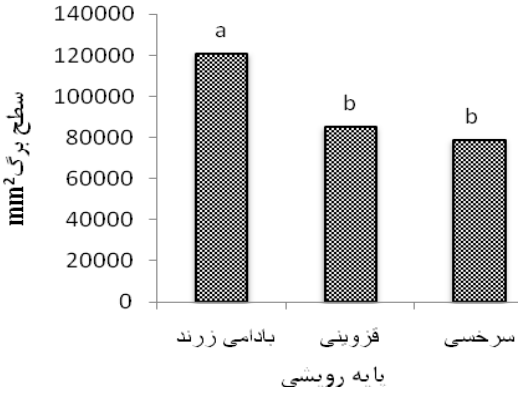
نمودار ۴ - ۷- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما بر میزان شاخص سبزینگی

۴-۲-۴- سطح برگ

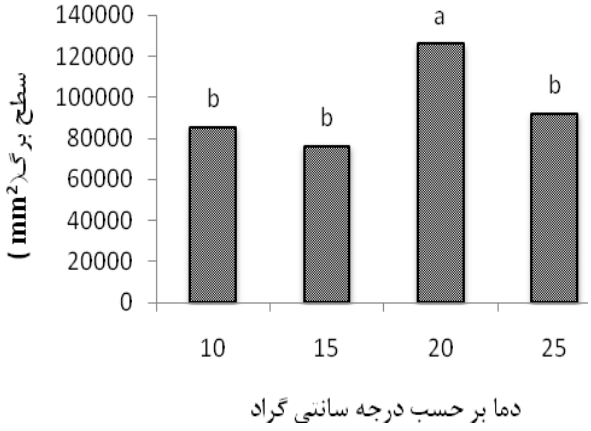
با توجه به جدول تجزیه واریانس اثرات ساده دما و پایه بر میزان سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثرات متقابل پایه در دما برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴-۸).

۴-۲-۴-۱- اثرساده پایه و دما بر میزان سطح برگ

در بین پایه‌های مورد بررسی پایه بادامی‌زرند دارای بیشترین میزان سطح برگ بود و بین پایه‌های سرخسی و قزوینی به لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (نمودار ۴-۸). بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد میزان سطح برگ با افزایش دمای محیط از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت و سپس با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی گراد میزان سطح برگ در پایه‌های مورد بررسی کاهش یافت (نمودار ۴-۹)



نمودار ۴- ۸ - مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر میزان سطح برگ



نمودار ۴-۹ - مقایسه میانگین اثر ساده دما بر میزان سطح برگ

٤-٣- همبستگی صفات

بررسی همبستگی صفات (جدول پیوست ۱) نشان داد که تعداد برگ با وزن خشک برگ و ریشه، هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد و هم چنین با سطح برگ و میزان نسبی آب برگ در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد به عبارت دیگر با افزایش تعداد برگ وزن خشک برگ، ریشه و هدایت روزنه ای نیز افزایش و با کاهش تعداد برگ، وزن خشک برگ، ریشه و هدایت روزنه‌ای نیز کاهش یافته است. طول ساقه نیز با وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد همبستگی معنی‌داری را نشان داد. طول ریشه با وزن خشک ریشه همبستگی مثبت در سطح پنج درصد و با سطح برگ همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. وزن تر برگ با وزن تر ساقه و ریشه و با وزن خشک برگ، ریشه و ساقه و میزان شاخص سبزینگی، سطح برگ همبستگی مثبت در سطح یک درصد و با میزان نسبی آب برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه همبستگی مثبت در سطح پنج درصد نشان داد. وزن تر ساقه با وزن تر ریشه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، میزان شاخص سبزینگی، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. وزن تر ریشه نیز با وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ در سطح یک درصد و با میزان شاخص سبزینگی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد. وزن خشک برگ نیز با وزن خشک ساقه و ریشه، میزان شاخص سبزینگی، سطح برگ، میزان نسبی آب بافت برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد و با هدایت روزنه‌ای در سطح پنج درصد همبستگی مثبت معنی‌داری داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ساقه با وزن خشک ریشه، هدایت روزنه‌ای، میزان شاخص اسپد، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد وجود داشت. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ریشه با میزان شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح یک درصد و با هدایت روزنه‌ای و میزان نسبی آب برگ در سطح پنج درصد وجود داشت و هم چنین بین

میزان شاخص سبزینگی نیز با سطح برگ در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و سطح برگ نیز همبستگی معنی‌داری را با میزان نسبی آب برگ در سطح پنج درصد نشان داد.

۴ -۴- جذب عناصرغذایی

۴-۴-۱ – نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس برای غلظت نیتروژن در برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته در تیمارهای مختلف دمایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پایه‌ها و تیمارهای اعمال شده و اثرات متقابل آن‌ها وجود دارد (جدول۴-۱۳)

جدول ۴- ۱۳ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت نیتروژن در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن برگ	نیتروژن ساقه	نیتروژن ریشه
پایه	۲	۱/۷۳**	۱/۵۶**	۳/۲۵**
دما	۳	۰/۷۸**	۰/۶۷**	۳/۳۶**
پایه * دما	۶	۰/۱۱ns	۰/۲۷*	۱/۸۶**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۲۸
CV%		۱۰/۸۰	۱۹/۲۵	۱۵/۴۳

**، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده پایه و دما بر غلظت نیتروژن موجود در برگ، ساقه و ریشه به ترتیب در جداول ۴-۱۴ و ۴-۱۵ آمده است. آنچه در این جداول مشخص است غلظت نیتروژن در برگ، در پایه‌های بادامی زرند و قزوینی بیشتر از سرخسی است و غلظت نیتروژن ساقه نیز در پایه قزوینی بیشتر از دو پایه دیگر بود و هم چنین غلظت نیتروژن ریشه نیز در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه‌های قزوینی و سرخسی است. هم چنین با افزایش دمای محیط غلظت نیتروژن موجود در برگ، ساقه و ریشه دانهال‌های پسته کاهش یافته است و به خصوص، این کاهش غلظت در ریشه با افزایش دمای محیط مشهودتر است.

جدول۴ -۱۴ مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت نیتروژن برگ، ساقه و ریشه پایه های پسته

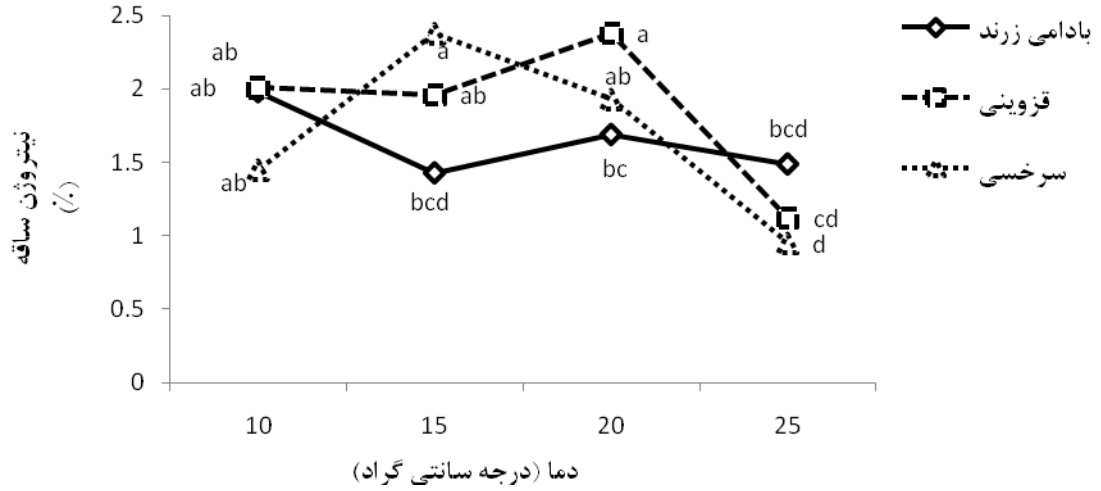
	نیتروژن(٪)		
	برگ	ساقه	ریشه
بادامی زرند	۲/۸۷ a	۱/۷۲ b	۳/۹۵ a
قزوینی	۲/۹۲ a	۲/۰۹ a	۳/۵۰ b
سرخسی	۲/۲۴ b	۱/۳۷ c	۲/۹۱ c

جدول ۴-۱۵ مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت نیتروژن، برگ، ساقه و ریشه دانهال‌های پسته

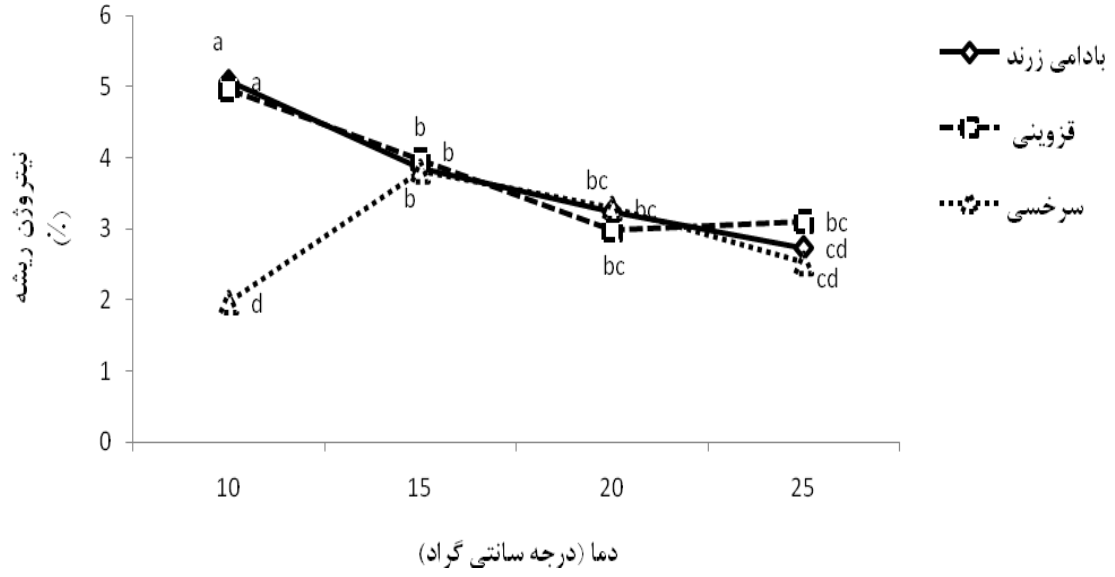
نیتروژن (٪)			
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	*برگ*	*ساقه*	*ریشه*
۱۰	۲/۷۷ a	۱/۹۶ a	۴/۰۸ a
۱۵	۲/۷۳ a	۱/۹۶ a	۳/۸۳ a
۲۰	۲/۹۵ a	۱/۴۲ b	۲/۷۷ b
۲۵	۲/۲۶ b	۱/۵۸b	۳/ ۱۲ b

بررسی نمودار ۴-۱۰ نشان می‌دهد که غلظت نیتروژن ساقه در پایه‌های بادامی زرند و قزوینی در طول دوره آزمایش به تقریب مشابه هم بوده به طوری که بیشترین غلظت نیتروژن ساقه در این پایه‌ها در دمای $۱۰^{\circ}C$ و کمترین میزان آن در دمای $۲۵^{\circ}C$ محیط مشاهده شد به نظر می‌رسد هم در پایه بادامی‌زرند و هم قزوینی با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت نیتروژن ساقه کاهش می‌یابد درحالی‌که در پایه سرخسی میزان نیتروژن ساقه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۰،۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود که نشان می‌دهد با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط غاظت نیتروژن ساقه نیز افزایش می‌یابد و در دماهای بالاتر از ۱۵درجه سانتی‌گراد از غلظت نیتروژن موجود در ساقه کاسته می‌شود با توجه به نمودار ۴-۱۱ غلظت نیتروژن ریشه در پایه‌های بادامی زرند و قزوینی با افزایش دما از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت در حالی که در پایه سرخسی با افزایش دما از۱۰ به

۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت نیتروژن ریشه افزایش یافت و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت نیتروژن ریشه در این پایه کاهش یافت.



نمودار ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت نیتروژن ساقه



نمودار ۴- ۱۱ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت نیتروژن ریشه

۴-۴-۲-فسفر

جدول ۴- ۱۶ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت فسفر در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر برگ	فسفر ساقه	فسفر ریشه
پایه	۲	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲*	۰/۰۱۱**
دما	۳	۰/۰۰۲**	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۷**
پایه * دما	۶	۰/۰۰۱*	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۶**
خطا	۲۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۱
CV٪		۱۳/۹۰	۲۶/۰۳	۱۴/۷۷

*، **و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با اثرات پایه و دما بر روی غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه دانهال‌ها نشان داد که اثرات ساده پایه و دما بر غلظت فسفر برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود اما اثر ساده پایه بر غلظت فسفر ساقه در سطح احتمال ۵٪معنی‌دار بود و اثر ساده دما بر غلظت فسفر ساقه معنی‌دار نبود و هم‌چنین اثرات متقابل پایه و دما برای غلظت فسفر ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و برای غلظت فسفر برگ در سطح احتمال۵٪ و برای فسفر ساقه معنی‌دار نبود (جدول۴-۱۶)

بین پایه‌های مورد بررسی مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که پایه‌های بادامی‌زرند و قزوینی از نظر میزان فسفر برگ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی بین میزان فسفر برگ در این دو پایه با پایه سرخسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت و میزان فسفر برگ در پایه سرخسی کمتر از دو پایه دیگر بود. به لحاظ فسفر ساقه نیز بین پایه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ولی از نظر میزان فسفر ریشه در بین پایه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین و کمترین غلظت فسفر ریشه به ترتیب در پایه‌های بادامی‌زرند و سرخسی مشاهده گردید(جدول ۴-۱۷)

جدول۴ – ۱۷- مقایسه میانگین اثر ساده پایه های بر غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه پایه های پسته

فسفر(٪)			
	برگ	ساقه	ریشه
بادامی زرند	۰/۱۰۹۵a	۰/۰۷۲۰۰ b	۰/۲۱۷۲a
قزوینی	۰/۱۰۹۶a	۰/۰۸۷۷۵ a	۰/۱۸۹۲b
سرخسی	۰/۰۸۸۹۲b	۰/۰۶۳۸۳c	۰/۱۵۶۳ c

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت فسفر برگ تا دمای ۲۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت و با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت فسفر برگ کاهش یافت هم‌چنین تیمارهای دمایی تاثیر معنی‌داری بر میزان فسفر ساقه نداشت و هم چنین غلظت فسفر ریشه در دماهای پایین (۱۰ و ۱۵) درجه سانتی گراد بیشتر از دماهای بالا (۲۰ و ۲۵) درجه سانتی‌گراد بود و یا به عبارت دیگر با افزایش دما از ۱۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت فسفر ریشه نیز کاهش یافت (جدول ۴-۱۸).

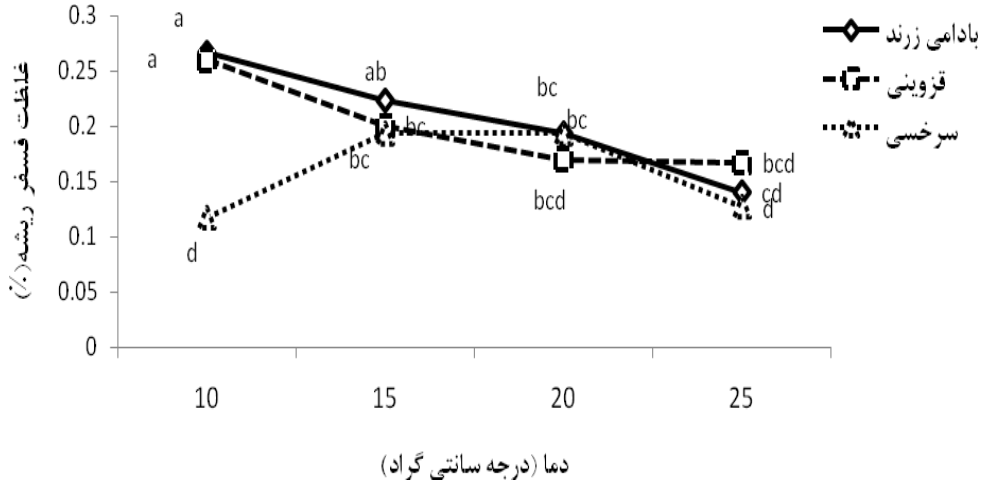
جدول۴ -۱۸- مقایسه میانگین اثر ساده دما برغلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه پایه های پسته

	فسفر (٪)		
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	برگ	ساقه	ریشه
۱۰	۰/۱۱a	۰/۰۷۵ ab	۰/۲۱a
۱۵	۰/۱۱ a	۰/۰۷۹ a	۰/۱۹ab
۲۰	۰/۱۰a	۰/۰۷۵ab	۰/۱۵c
۲۵	۰/۰۷۸b	۰/۰۶۸b	۰/۱۷bc

در ارتباط با اثرات متقابل، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان فسفر برگ در پایه قزوینی در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد بیشترین مقدار را داشت و هم‌چنین بیشترین فسفر برگ در پایه قزوینی بعد از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در دماهای(۲۵،۲۰،۱۵) درجه سانتی‌گراد به دست آمد که مشخص می‌کند با افزایش دما میزان فسفر برگ در پایه قزوینی کاهش می‌یابد درحالی که میزان فسفر برگ در پایه بادامی‌زرند در دماهای پایین و بالای مورد بررسی بین دو حد، حداکثر و حداقل نوسان می‌کند به طوری‌که میزان فسفر برگ در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و در دمای۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد بود که این تغییرات در میزان فسفر برگ نشان می‌دهد که میزان فسفر برگ در پایه بادامی زرند به شدت تحت تاثیر دماهای محیط قرار می‌گیرد. در پایه سرخسی نیز میزان فسفر برگ در دماهای ۱۰، ۱۵ و۲۰ درجه سانتی گراد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اما میزان فسفر برگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط کاهش یافت. میزان فسفر ساقه تحت تاثیر اثرات متقابل پایه و دما قرار نگرفت اما غلظت فسفر ریشه تحت تاثیر اثرات متقابل پایه و دما قرار گرفت به طوری‌که در پایه بادامی زرند با افزایش دما از ۱۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد از غلظت

فسفر ریشه در این پایه کاهش یافت اما در پایه قزوینی با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و غلظت فسفر ریشه در این پایه در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد تقریبا ثابت ولی در پایه سرخسی کمترین میزان فسفر ریشه در دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و در دماهای ۱۵و۲۰ درجه سانتی گراد محیط به لحاظ میزان فسفر ریشه در پایه سرخسی تفاوتی معنی‌داری مشاهده نشد.

نمودار ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت فسفر برگ



نمودار ۴-۱۳ مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه ودما بر غلظت فسفر ریشه

۴-۴-۳-سدیم

جدول ۴-۱۹ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت سدیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	سدیم برگ	سدیم ساقه	سدیم ریشه
پایه	۲	۰/۰۳۹ ns	۰/۱۱۷**	۰/۵۷۶**
دما	۳	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۴۱*	۰/۵۱۳**
پایه * دما	۶	۰/۰۱۵ns	۰/۰۱۳ ns	۰/۵۸۹**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۵۴
cv%		۱۳/۱۲	۱۴/۶۲	۱۴/۳۵

*، **وns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

همان طور که در جدول ۴- ۱۹- آمده است بین پایه‌ها و تیمارهای دمایی متفاوت و اثرات متقابل آنها بر غلظت سدیم برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولیکن بین پایه‌ها از نظر غلظت سدیم ساقه و ریشه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و هم‌چنین بین تیمارهای دمایی مختلف از نظر غلظت سدیم ساقه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت و به لحاظ غلظت سدیم ریشه اختلافات معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اثر ات ساده پایه و دما نشان داد که غلظت سدیم ساقه، در پایه‌های بادامی‌زرند و قزوینی بیشتر از پایه سرخسی است و هم‌چنین با افزایش دمای محیط غلظت سدیم ساقه در پایه‌های مورد بررسی کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که میزان غلظت سدیم ریشه در پایه بادامی‌زرند بیشتر از دو پایه دیگر بود (جدول ۴-۲۰). در ارتباط با تیمارهای دمایی غلظت سدیم ریشه، بر عکس غلظت سدیم ساقه با افزایش دما افزایش یافت(جدول۴-۲۱). در ارتباط با اثرات متقابل بین تیمار دمایی و پایه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلافات بسیار معنی‌داری در غلظت سدیم ریشه در سطح احتمال۱٪ وجود داشت.

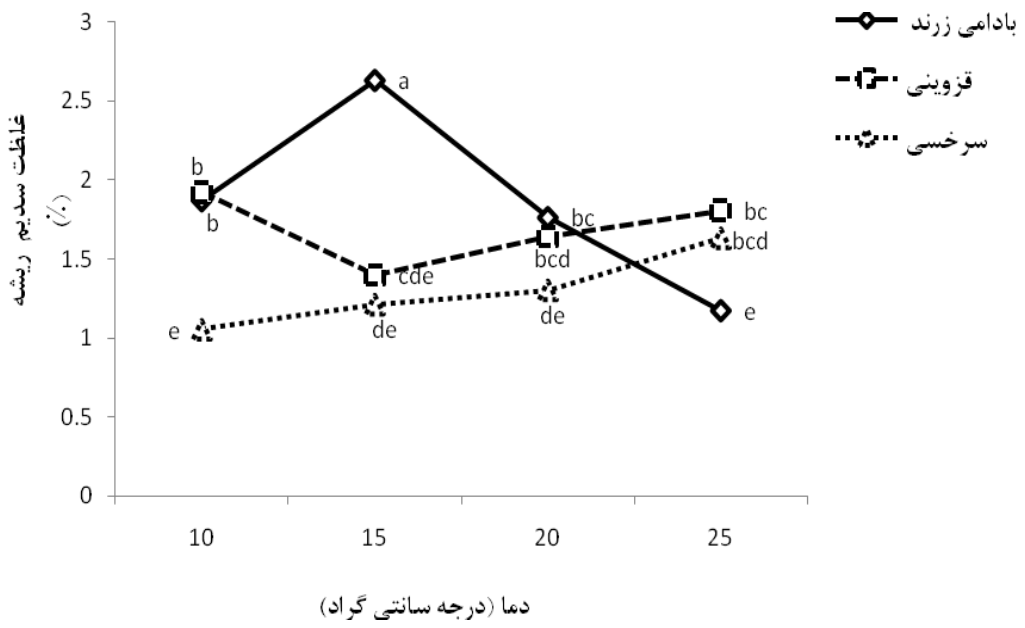
جدول۴-۲۰- مقایسه میانگین اثر ساده پایه برغلظت سدیم ، ساقه و ریشه پایه های پسته

	سدیم (٪)	
	ساقه	**ریشه**
بادامی زرند	۰/۸۴ a	۱/۸۷ a
قزوینی	۰/۸۵ a	۱/۵۰b
سرخسی	۰/۶۷ b	۱/۴۷ b

جدول ۴-۲۱- مقایسه میانگین اثر ساده دما برغلظت سدیم ساقه و ریشه پایه های پسته

سدیم (%)		
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	ساقه	ریشه
۱۰	۰/۷۹ab	۱/۵b
۱۵	۰/۸۶۴۴a	۱/۴b
۲۰	۰/۸۰۸۹ab	۱/۵b
۲۵	۰/۷۰۲۲b	۱/۹۶a

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت سدیم ریشه در نمودار ۴-۱۴ نشان داد که غلظت سدیم ریشه در پایه سرخسی، با افزایش دما از ۱۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت در حالی‌که در پایه بادامی‌زرند با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد میزان غلظت سدیم ریشه افزایش پیدا کرد و در دماهای بالاتر از دمای ۱۵ درجه‌سانتی‌گراد میزان سدیم ریشه با افزایش دما، کاهش یافت اما روند تغییرات غلظت سدیم در ریشه پایه قزوینی برعکس پایه بادامی‌زرند است و با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد میزان غلظت سدیم ریشه کاهش یافت در حالی که در دماهای بالاتر از ۱۵ درجه سانتی گراد محیط میزان غلظت سدیم ریشه در این پایه افزایش یافت.



نمودار ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت سدیم ریشه

۴-۴-۴- پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر روی غلظت پتاسیم موجود در برگ، ساقه و ریشه دانهال‌های پسته در جدول(۴-۲۲) آمده است آنچه در این جدول مشخص است این است که اثر ساده پایه بر غلظت پتاسیم موجود در برگ و ریشه در سطح احتمال ۵ ٪ و برای میزان پتاسیم ساقه درسطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید و لیکن اثر ساده دما بر میزان پتاسیم برگ در سطح ۱٪ و بر میزان پتاسیم ساقه در سطح ۵٪ و برای میزان پتاسیم ریشه غیر معنی‌دار بود و اثرات متقابل پایه و دما تنها بر غلظت پتاسیم ساقه در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید و برای سایر صفات غیر معنی‌دار بود

جدول ۴- ۲۲ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت پتاسیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم برگ	پتاسیم ساقه	پتاسیم ریشه
پایه	۲	۰/۴۴۳ *	۸/۵۴۷**	۷/۳۳۳*
دما	۳	۱/۱۲۱**	۱/۵۳۷*	۴/۰۷۲ ns
پایه * دما	۶	۰/۲۰۹ns	۴/۰۴۷**	۲/۳۳۴ ns
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۹۱	۰/۳۷۹	۱/۴۹۹
CV٪		۱۲/۳۱	۱۴/۵۷	۲۵/۳۱

**، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت پتاسیم برگ در پایه های بادامی زرند و قزوینی بیشتر از پایه سرخسی است و همچنین غلظت پتاسیم ساقه و ریشه در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه های قزوینی و سرخسی است

جدول ۴ -۲۳- مقایسه میانگین اثر ساده پایه بر غلظت پتاسیم برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته

پایه‌های رویشی	پتاسیم (٪)		
	برگ	**ساقه**	**ریشه**
بادامی زرند	۲/۶۱a	۵/۱۸a	۵/۷۳a
قزوینی	۲/۵۱a	۳/۹۱b	۴/۴۴b
سرخسی	۲/۲۴b	۲/۲۴b	۴/۳۳b

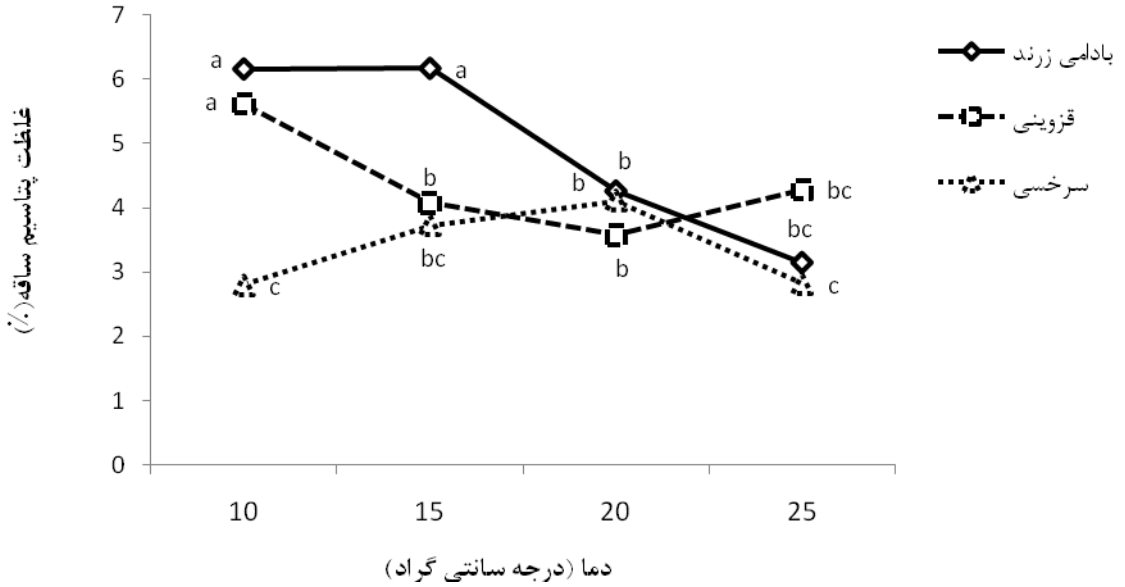
با افزایش دمای محیط از دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم در برگ‌های پسته بیشترین مقدار را داشت و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت پتاسیم برگ، در دانهال‌های پسته کاهش یافت و در ارتباط با غلظت پتاسیم ساقه نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که غلظت پتاسیم ساقه در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دماهای دیگر مورد بررسی بود و هم چنین غلظت پتاسیم ساقه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد کمتر از سایر دماها بود

جدول ۴ – ۲۴ مقایسه میانگین اثر ساده دما برغلظت پتاسیم ، برگ و ساقه پایه های پسته

	پتاسیم	
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	برگ	ساقه
۱۰	۲/۶۹a	۴/۷۸a
۱۵	۲/۷۱a	۴/۱۶ab
۲۰	۲/۴۷a	۳/۷۷b
۲۵	۱/۹۵b	۴/۱۸ab

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت پتاسیم ساقه در نمودار (۴-۱۵) آورده شده است همان‌طور که در نمودار(۴- ۱۵) نیز مشخص است روند تغییرات غلظت پتاسیم ساقه در پایه‌های قزوینی و سرخسی عکس یکدیگر بوده به طوری‌که در پایه قزوینی با افزایش دمای محیط از ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه کاهش یافت و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه افزایش یافت در حالی‌که این روند در پایه سرخسی برعکس بود و با افزایش دما از ۱۰تا۲۰ درجه سانتی گراد غلظت پتاسیم ساقه افزایش یافت و در دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی گراد، غلظت پتاسیم موجود در ساقه کاهش یافت در پایه بادامی زرند میزان غلظت پتاسیم ساقه در دماهای ۱۰تا ۱۵ درجه

سانتی گراد تقریبا یکسان بود ولی در دماهای بالاتر از۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط میزان غلظت پتاسیم ساقه در این پایه کاهش یافت.



نمودار ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت پتاسیم ساقه

۴-۴- ۵- کلسیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در بین پایه‌ها از نظر غلظت کلسیم ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد و لیکن از نظر غلظت کلسیم برگ و ساقه اختلافات معنی‌دار نبود در ارتباط با اثرات تیمارهای دمایی نتایج تجزیه وایانس نشان داد که این اثرات برای غلظت کلسیم برگ و ریشه در سطح احتمال۱٪ معنی‌دار بود و برای میزان غلظت کلسیم ساقه غیر معنی‌دار بود.

جدول ۴-۲۵- تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت کلسیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلسیم برگ	کلسیم ساقه	کلسیم ریشه
پایه	۲	۰/۰۵۰ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۷۷۲**
دما	۳	۰/۲۴۴**	۰/۰۱۳ ns	۰/۶۴۲ **
پایه * دما	۶	۰/۰۲۸ns	۰/۰۴۳**	۰/۲۶۷*
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۹	۰/۱۰۴
CV٪		۹/۰۳	۱۱/۲۷	۱۳/۳۱

** ، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین پایه‌های مورد بررسی بیشترین غلظت کلسیم ریشه مربوط به پایه قزوینی به میزان۲/۷۱ میلی اکی والان بر لیتر بود در حالی که بین دو پایه دیگر از نظر غلظت کلسیم ریشه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴-۲۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات ساده دما نشان داد که با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ریشه در پایه‌های مورد بررسی افزایش یافت اما غلظت کلسیم برگ با افزایش دما از ۱۰به ۲۰درجه سانتی گراد در پایه‌های مورد بررسی کاهش یافت و سپس هنگامی که دمای محیط از۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت غلظت کلسیم برگ در پایه‌های مورد بررسی نیز افزایش یافت (جدول ۴-۲۷) .

جدول ۴-۲۶- مقایسه میانگین اثر ساده پایه برغلظت کلسیم ریشه پایه های پسته

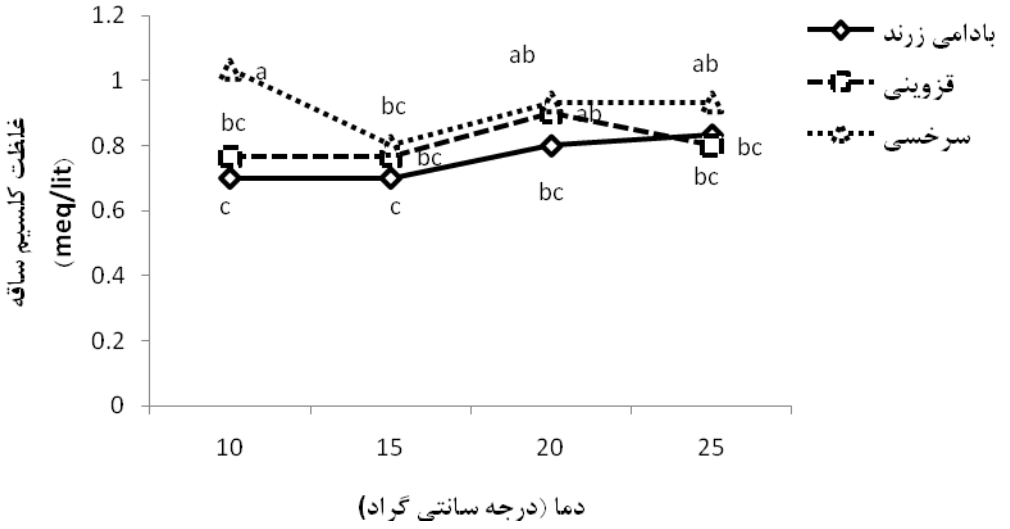
پایه‌های رویشی	کلسیم (٪)
	ریشه
بادامی زرند	۲/ ۳۲b
قزوینی	۲/۱۷ a
سرخسی	۲/۲۴ b

جدول ۴-۲۷ مقایسه میانگین اثر ساده دما بر غلظت کلسیم برگ و ریشه پایه های پسته

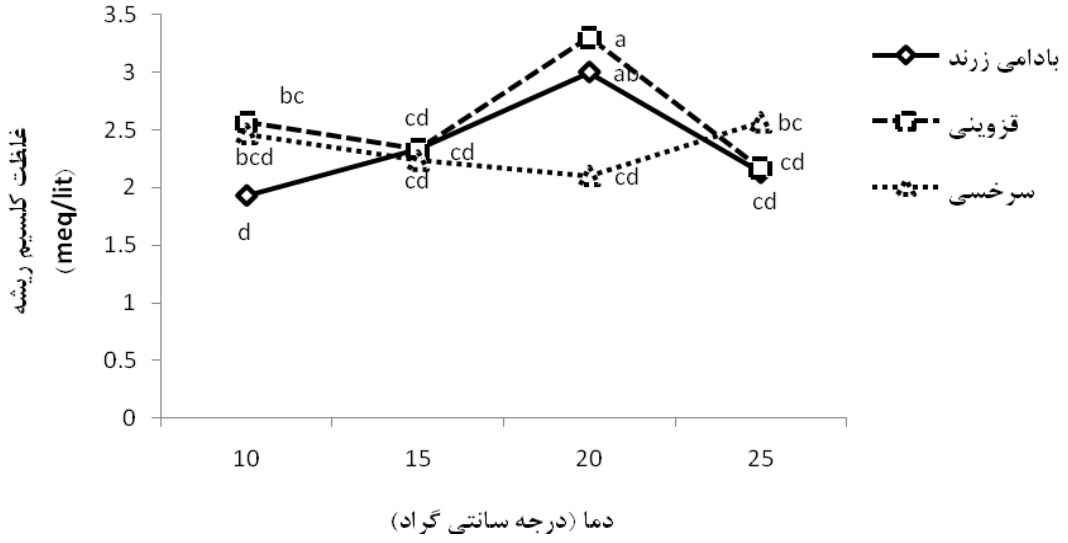
	کلسیم (meq/lit)	
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	برگ	ریشه
۱۰	۱/۶۵a	۲/۱۲a
۱۵	۱/۵۲a	۲/۳۱ab
۲۰	۱/۲۷b	۲/۵۴bc
۲۵	۱/۵۸a	۲/۷۳c

هم‌چنین در ارتباط با اثرات متقابل تیمارهای دمایی و پایه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این اثرات برای غلظت کلسیم ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و برای میزان کلسیم ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و لیکن برای میزان کلسیم برگ غیر معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثرات

متقابل پایه و دما برای میزان کلسیم ساقه و ریشه در نمودارهای ۴-۱۶ و ۴- ۱۷ به ترتیب آورده شده است همان طور که در نمودار۴-۱۶ مشخص است با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ساقه در پایه بادامی زرند افزایش می‌یابد در حالی‌که بیشترین غلظت کلسیم ساقه در پایه سرخسی در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد محیط حاصل شد و با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ساقه در این پایه کاهش یافت و دوباره با افزایش دما میزان کلسیم در ساقه افزایش یافت در پایه قزوینی نیز غلظت کلسیم ساقه با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی گراد روند صعودی داشته ولی با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ساقه کاهش یافت. نمودار۴-۱۷- نیز نشان داد با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵و۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان غلظت کلسیم ریشه در پایه سرخسی افزایش یافت ولی با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی گراد میزان کلسیم در ریشه پایه سرخسی کاهش یافت در حالی‌که در پایه بادامی زرند عکس این روند اتفاق افتاده و با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی گراد میزان کلسیم ریشه افزایش یافته است و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ریشه کاهش می‌یابد با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی گراد میزان کلسیم ریشه در پایه قزوینی کاهش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۱۵به ۲۰ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ریشه افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۲۰ به۲۵ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ریشه در این پایه مجددا کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد غلظت کلسیم در ریشه پایه قزوینی به شدت تحت تاثیر دمای محیط قرار می‌گیرد.



نمودار ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت کلسیم ساقه



نمودار ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت کلسیم ریشه

۴-۴-۶- منیزیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین پایه‌ها از نظر غلظت منیزیم برگ و ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و غلظت منیزیم در ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. اما اثرات تیمارهای دمایی بر غلظت منیزیم برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولیکن برای غلظت منیزیم ریشه معنی دار نبود. در ارتباط با اثرات متقابل پایه و تیمارهای دمایی تنها بر غلظت منیزیم ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و این اثرات برای غلظت منیزیم برگ و ساقه معنی‌دار نبود.

جدول ۴- ۲۸ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر غلظت منیزیم در اندام های مختلف پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	منیزیم برگ	منیزیم ساقه	منیزیم ریشه
پایه	۲	۱/۳۹۰ *	۰/۳۶۸*	۵/۰۸۸**
دما	۳	۳/۲۵۷**	۰/۷۳۶**	۰/۷۲۴ ns
پایه * دما	۶	۰/۶۲۰ns	۰/۱۹۱ ns	۲/۲۵۲**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۲۹۴	۰/۱۱۳	۰/۴۸۸
CV٪		۱۴/۴۵	۳۲/۳۰	۲۰/۶۱

** ، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

بین پایه‌های مورد آزمایش مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که بیشترین غلظت منیزیم برگ و ریشه در پایه های قزوینی و بادامی زرند به دست آمد و غلظت منیزیم ساقه نیز در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های سرخسی و بادامی زرند بود (جدول ۴-۲۹).

جدول۴-۲۹ - مقایسه میانگین اثر ساده پایه برغلظت منیزیم برگ، ساقه و ریشه پایه های پسته

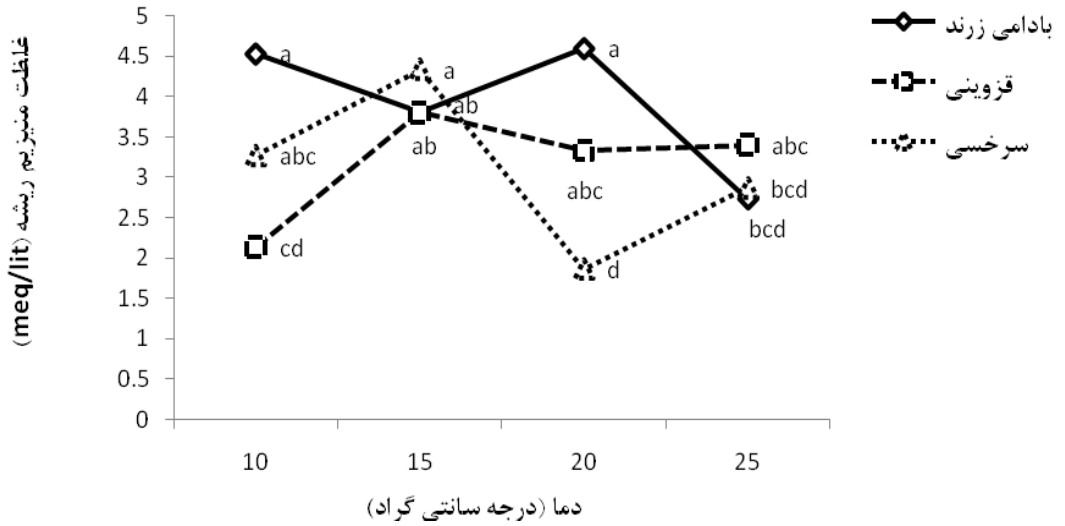
	منیزیم(٪)		
	برگ	**ساقه**	**ریشه**
بادامی زرند	۳/۸۶a	۰/۸۶b	۳/۴۳a
قزوینی	۴/۰۱a	۱/۲۱a	۴/۰۱a
سرخسی	۳/۳۶b	۱/۰۳ab	۲/۷۱b

در ارتباط با تیمارهای دمایی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش دمای محیط غلظت منیزیم ساقه در پایه‌های مورد بررسی کاهش می‌یابد اما غلظت منیزیم برگ با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد درحالی که با افزایش بیشتر دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم برگ در پایه‌های مورد بررسی کاهش می‌یابد (جدول۴-۳۰) .

جدول۴-۳۰- مقایسه میانگین اثر ساده دما برغلظت منیزیم برگ و ساقه پایه های پسته

	منیزیم (meq/lit)	
تیمار دمایی(درجه سانتی گراد)	برگ	ساقه
۱۰	۳/۵۳bc	۱/۴۰a
۱۵	۳/۷۳b	۱/۱۳ab
۲۰	۴/۵۷a	۰/۸۴bc
۲۵	۳/۱۵c	۰/۷۷c

همان‌طور که در نمودار ۴-۱۸ مشخص شده است در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم در ریشه نیز افزایش یافت اما با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم در ریشه به شدت کاهش می‌یابد و سپس با افزایش دمای از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم ریشه افزایش یافت و روند تغییرات غلظت منیزیم در تیمارهای دمایی مورد آزمایش در پایه بادامی زرند عکس پایه سرخسی می‌باشد در پایه قزوینی نیز روند تغییرات غلظت منیزیم ریشه در دماهای مورد آزمایش مشابه پایه سرخسی است ولی با شیب آرامی اتفاق می‌افتد.



نمودار ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت منیزیم ریشه

۴-۵- اثرات تیمارهای دمایی مختلف برسرعت جذب عناصر غذایی توسط ریشه پایه‌های پسته

تاثیر تیمارهای دمایی مختلف بر سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف توسط ریشه گیاه با تجزیه‌های آماری بررسی شد که نتایج آماری به شرح زیر می باشد نتایج تجزیه واریانس تیمارهای دمایی مختلف بر سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف توسط ریشه دانهال‌های پسته در جدول ۴-۳۱ آمده است که به تفکیک به بررسی سرعت جذب عناصر غذایی توسط ریشه در پایه‌های مورد بررسی پرداخته شده است

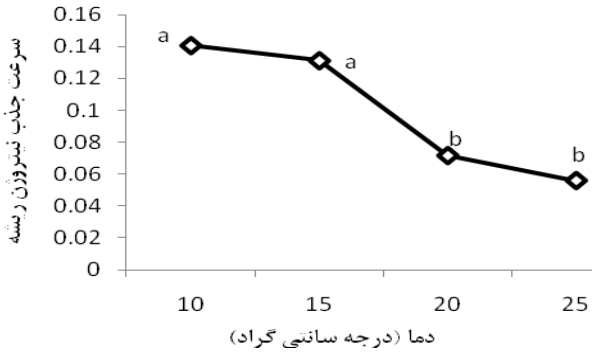
جدول ۴- ۳۱ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت جذب عناصر غذایی ماکرو توسط ریشه پایه‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	فسفر	نیتروژن
پایه	۲	۰/۳۴۹**	۲/۳۱۳**	۱/۸۰۱*	۰/۹۰۲*	۰/۰۰۱ ns	۰/۲۳۲ ns
دما	۳	۱/۱۵۴**	۰/۰۸۲ ns	۳/۷۱۲**	۱/۳۸۱*	۰/۰۱۲ **	۶/۳۶۴ **
پایه * دما	۶	۰/۰۸۹ *	۰/۰۵۰ ns	۳/۴۱۹**	۱/۲۳۲ **	۰/۰۰۵*	۰/۶۹۷*
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۵۲	۰/۵۰۲	۰/۳۰۹	۰/۰۰۲	۰/۵۸۲
CV٪		۱۷/۷۵	۲۶/۴۸	۲۵/۲۲	۲۷/۳۲	۲۸/۷۳	۳۳/۶۸

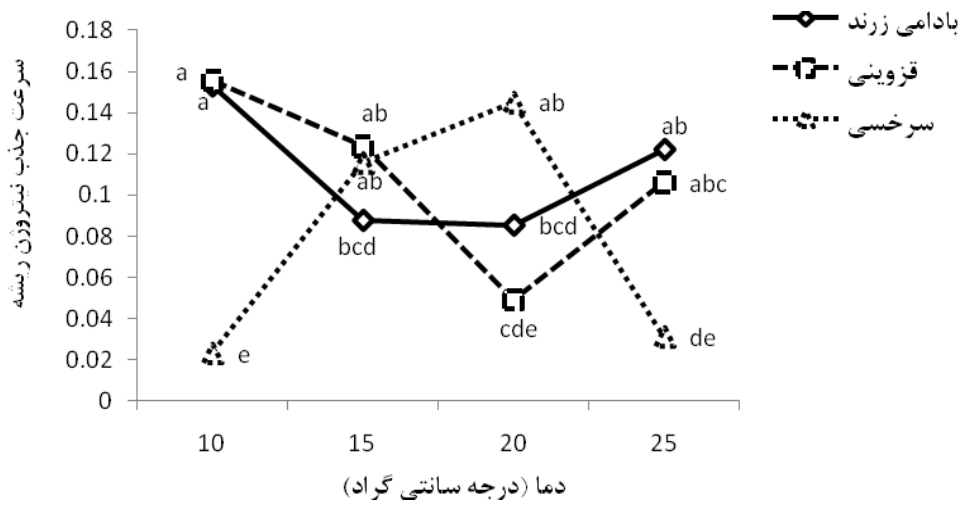
** ، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

۴-۵-۱- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب نیتروژن توسط ریشه پایه‌های پسته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین پایه‌های مختلف از نظر سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما در بین دماهای مورد بررسی اختلافات در سطح احتمال۱٪ معنی‌دار بود در ارتباط با اثرات متقابل پایه و تیمارهای دمایی نیز اختلافات در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت جذب عنصر نیتروژن توسط ریشه در پایه های مختلف پسته با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد هم چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات متقابل نشان داد سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه در پایه بادامی‌زرند با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است اما با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد تغییری در سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه حاصل نشد و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه‌های این پایه افزایش یافت در حالی‌که در پایه قزوینی با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه‌های این پایه کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه‌های این پایه افزایش یافت. در پایه سرخسی نیز سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه‌های این پایه از دمای ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت.



نمودار ۴-۱۹- مقایسه میانگین سرعت جذب نیتروژن ریشه تحت تاثیر دماهای مختلف

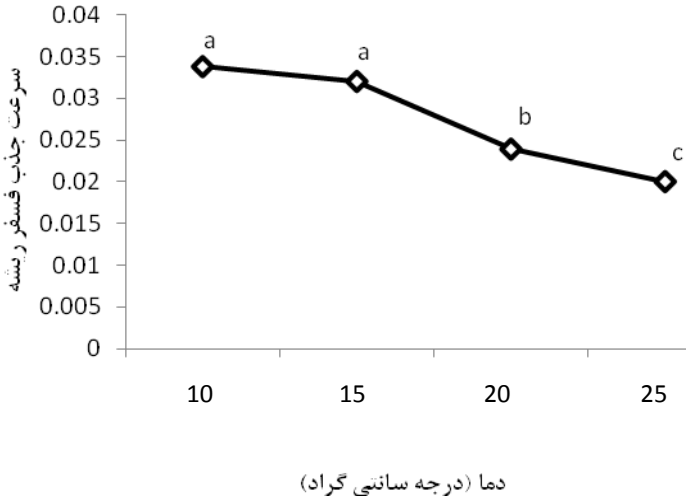


نمودار ۴-۲۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب نیتروژن ریشه پایه های پسته

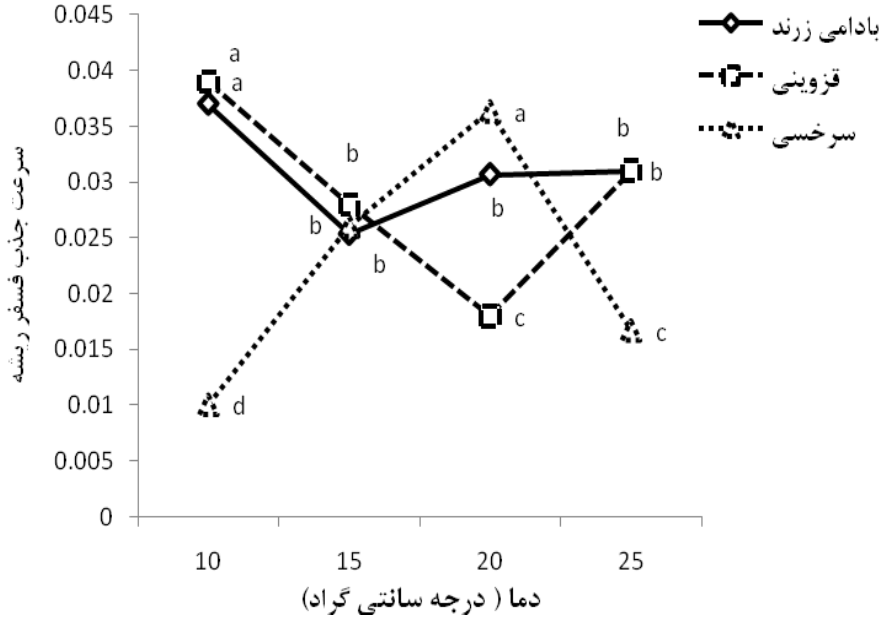
۴-۵-۲- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب فسفر توسط ریشه پایه های پسته

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با سرعت جذب فسفر ریشه نشان داد که اثر ساده دما در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و اثرات متقابل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و لیکن اثر ساده پایه معنی‌دار نبود(جدول۴-۳۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که با افزایش دمای محیط سرعت جذب فسفر ریشه در پایه‌های مورد بررسی کاهش می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات متقابل نشان داد که سرعت جذب فسفر در ریشه پایه‌های قزوینی و سرخسی عکس یکدیگر بوده به‌طوری‌که با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی گراد سرعت جذب فسفر ریشه در پایه قزوینی کاهش یافت درحالی‌که در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر ریشه افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر در ریشه پایه سرخسی کاهش اما در پایه قزوینی افزایش یافت. در پایه بادامی‌زرند با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵

درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر ریشه کاهش یافت و سپس در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت.



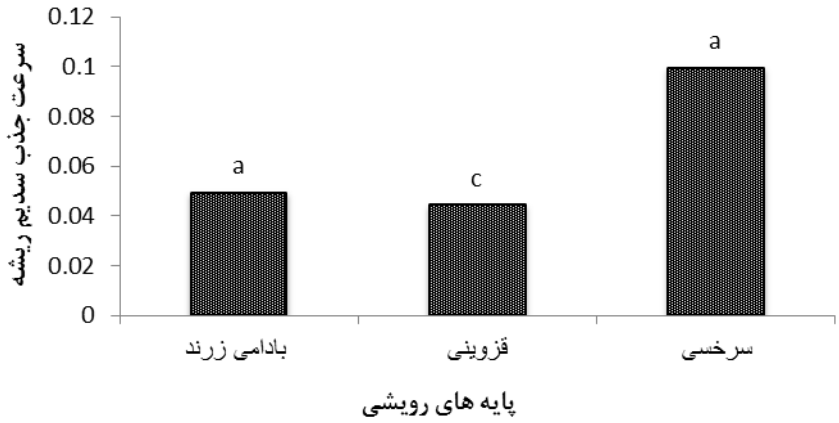
نمودار ۴-۲۱ - مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب فسفر ریشه در پایه های پسته



نمودار ۴-۲۲ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب فسفر ریشه در پایه های پسته

۴-۵-۳- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب سدیم توسط ریشه پایه های پسته

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با سرعت جذب سدیم ریشه نشان داد که تنها اثر ساده پایه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولیکن اثر ساده دما و اثرات متقابل پایه و تیمارهای دمایی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در بین پایه‌ها، سرعت جذب سدیم ریشه پایه سرخسی بیشتر از دو پایه دیگر است.

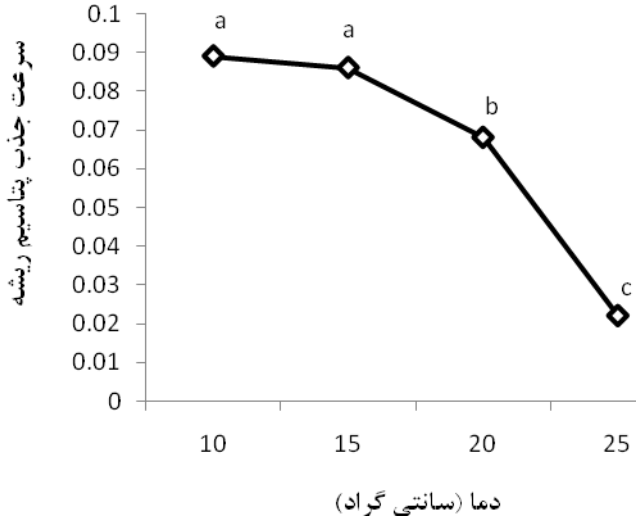


نمودار ۴- ۲۳ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب سدیم ریشه پایه های پسته

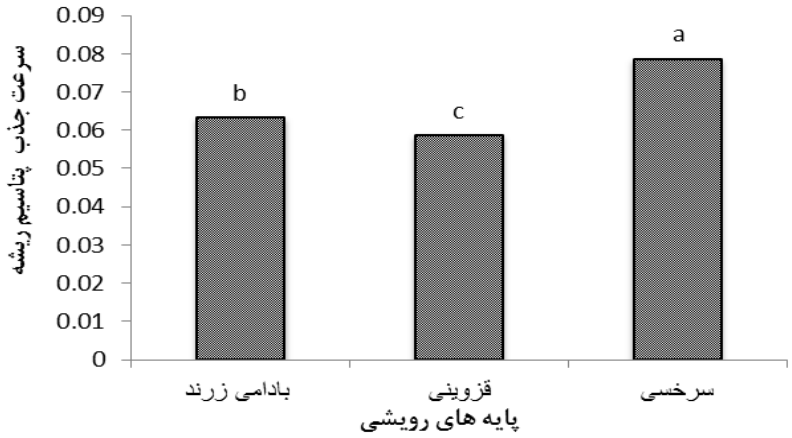
۴-۵-۴- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب پتاسیم توسط ریشه پایه های پسته

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با سرعت جذب پتاسیم ریشه نشان داد اثرات پایه و تیمارهای دمایی هر دو در سطح احتمال ۱٪معنی‌دار بودند ولیکن اثرات متقابل بر سرعت جذب پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که در بین پایه‌های مورد بررسی سرعت جذب پتاسیم ریشه در پایه سرخسی بیشتر از پایه های بادامی زرند و قزوینی است. هم چنین سرعت جذب پتاسیم ریشه با افزایش دمای محیط کاهش یافته است نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثرات متقابل نشان داد که در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه افزایش می‌یابد و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه به شدت

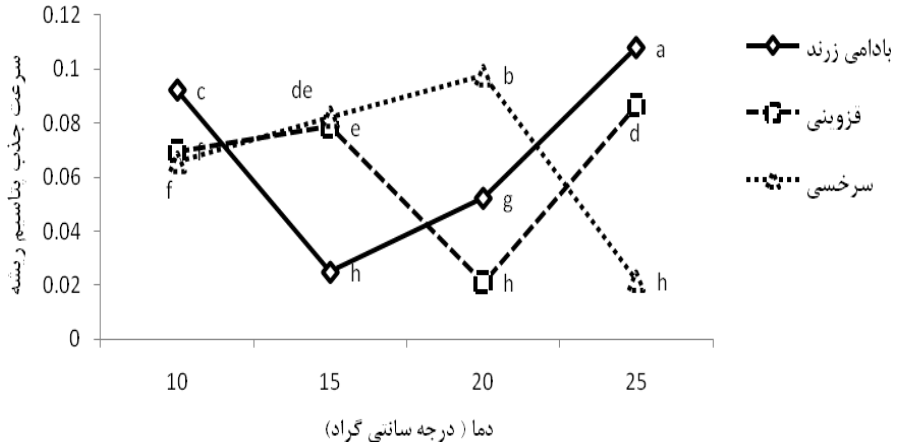
کاهش می‌یابد. در پایه بادامی‌زرند با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه به شدت کاهش می‌یابد و سپس با افزایش دما سرعت جذب پتاسیم ریشه افزایش می‌یابد در پایه قزوینی سرعت جذب پتاسیم ریشه با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد در حالی‌که با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی گراد به شدت سرعت جذب پتاسیم ریشه کاهش می‌یابد و دوباره با افزایش دما از۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گرادسرعت جذب پتاسیم ریشه افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد سرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه نسبت به دو پایه دیگر حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات دمای محیط دارد



نمودار ۴- ۲۴ - مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته



نمودار ۴-۲۵ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته

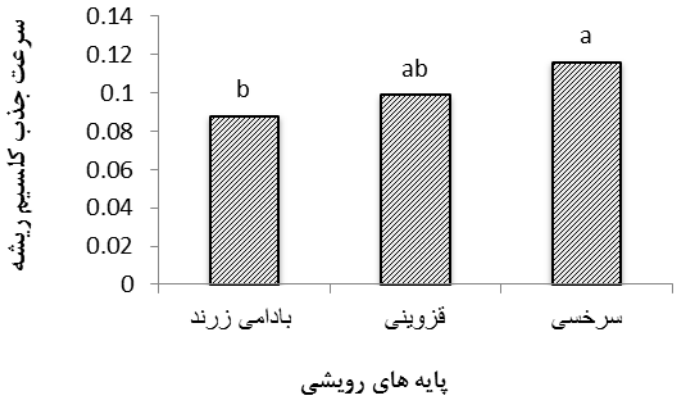


نمودار ۴- ۲۶ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب پتاسیم ریشه پایه های پسته

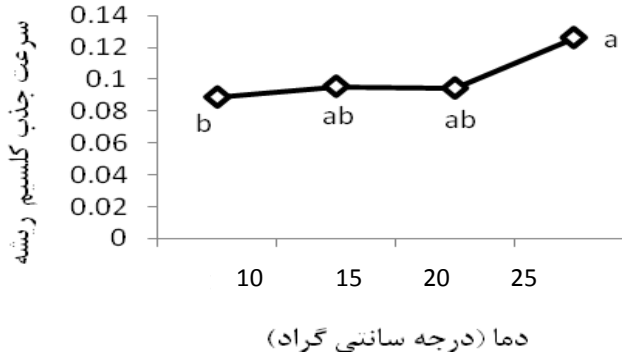
۴-۵-۵ - اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت جذب کلسیم توسط ریشه پایه های پسته

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب کلسیم ریشه نشان داد که هم در

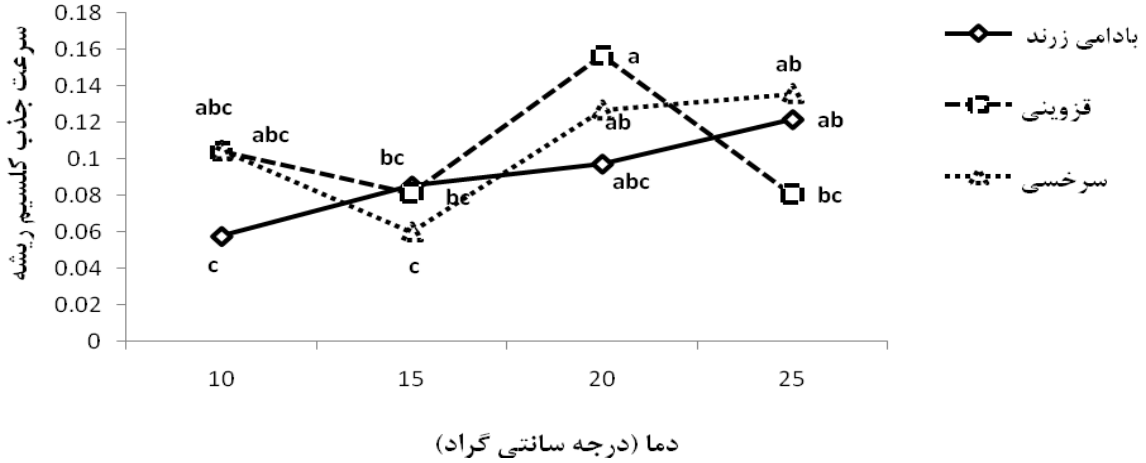
بین پایه‌ها و هم در بین تیمارهای دمایی اختلافات در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است و اثرات متقابل پایه در دما در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول۴-۳۱) نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین پایه‌های مورد بررسی بیشترین سرعت جذب کلسیم ریشه به ترتیب در پایه‌های سرخسی، قزوینی و بادامی‌زرند به دست آمد و هم چنین با افزایش دمای محیط سرعت جذب کلسیم ریشه به آرامی افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد شتاب بیشتری می‌گیرد همان‌طور که در نمودار۴-۲۹ نشان داده شده است با افزایش دمای محیط سرعت جذب کلسیم ریشه در پایه بادامی‌زرند نیز افزایش می‌یابد در پایه‌های قزوینی و سرخسی نیز در ابتدا با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب کلسیم ریشه کاهش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰درجه سانتی‌گراد سرعت جذب کلسیم ریشه در هر دو پایه افزایش می‌یابد ولی زمانی‌که دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، سرعت جذب کلسیم ریشه در پایه قزوینی کاهش یافت ولی در پایه سرخسی سرعت جذب کلسیم ریشه اندکی نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد.



نمودار ۴-۲۷ - مقایسه میانگین اثرساده پایه بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته



نمودار ۴-۲۸- مقایسه میانگین اثرساده دما بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته

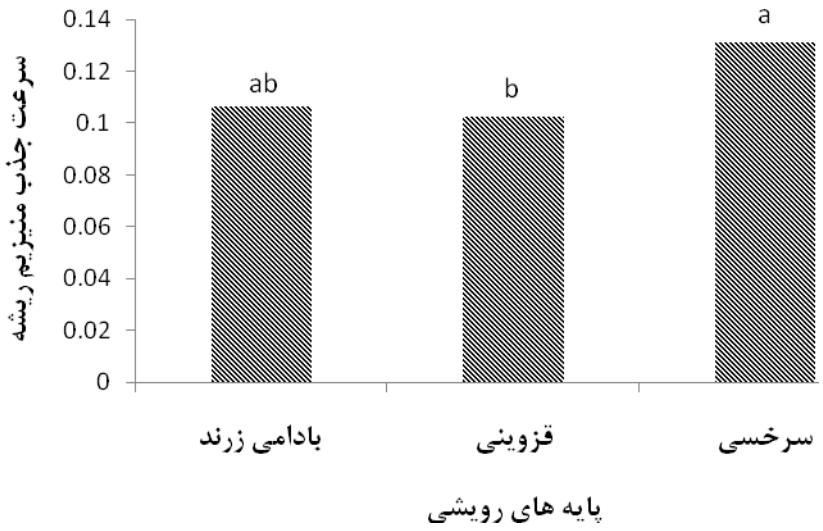


نمودار ۴-۲۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب کلسیم ریشه پایه های پسته

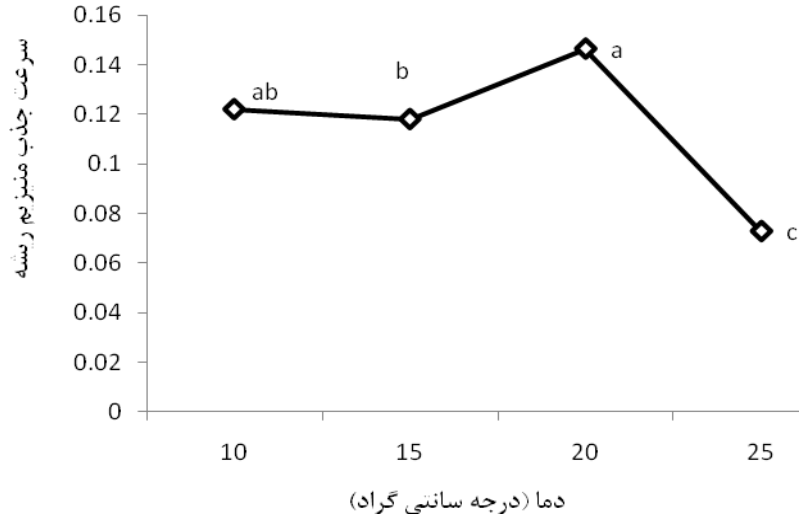
۴-۵-۶- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب منیزیم توسط ریشه پایه های پسته

همان طور که در جدول۴-۳۱ آمده است بین پایه‌ها از نظر سرعت جذب منیزیم ریشه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت و در بین تیمارهای دمایی و اثرات متقابل اختلافات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که سرعت جذب منیزیم ریشه در پایه

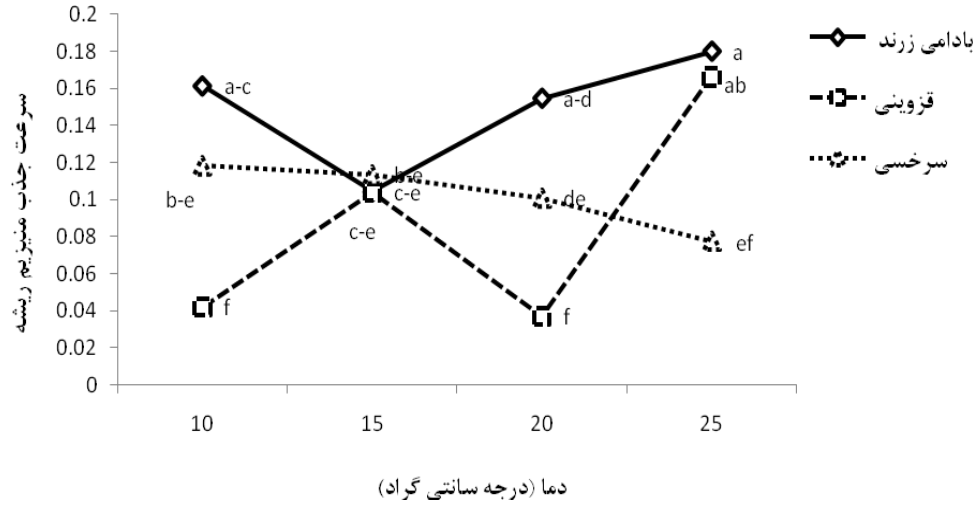
سرخسی بیشتر از پایه‌های دیگر است و هم چنین سرعت جذب منیزیم ریشه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد است در حالی که با افزایش دما از ۱۵به۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب افزایش می‌یابد و دوباره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم در پایه‌های پسته کاهش می‌یابد و نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل در نمودار۴-۳۰ نشان داده شده است در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم ریشه با شیب به نسبت آرامی کاهش یافت و در پایه بادامی‌زرند سرعت جذب منیزیم ریشه با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵به ۲۵ درجه سانتی‌گراد را سرعت جذب منیزیم ریشه افزایش یافت و در پایه قزوینی نیز سرعت جذب منیزیم در دمای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب از دماهای ۱۵و ۲۵ درجه سانتی گراد بیشتر است که نشان می‌دهد با افزایش دما تغییرات سرعت جذب منیزیم ریشه از روند مشخصی پیروی نمی‌کند .



نمودار ۴-۳۰ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته



نمودار ۴-۳۱ - مقایسه میانگین اثر ساده دما بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته



نمودار ۴- ۳۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب منیزیم ریشه پایه های پسته

۴-۶- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال عناصر غذایی در پایه‌های پسته

جدول تجزیه واریانس اثرات دما، نوع پایه و اثرات متقابل آنها بر سرعت انتقال عناصر غذایی پرمصرف در گیاه در جدول۴-۳۲ نشان داد شده است که سرعت انتقال هر یک از عناصر غذایی به تفکیک شرح داده می‌شود.

جدول ۴- ۳۲-تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت انتقال عناصر غذایی ماکرو در پایه‌های مختلف پسته

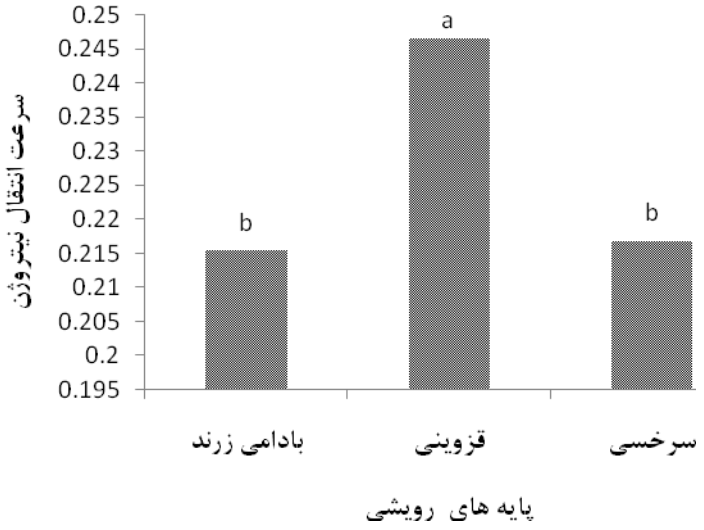
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	سدیم	منیزیم	کلسیم	فسفر	پتاسیم
پایه	۲	۹/۰۳۶*	۰/۸۸۶*	۱۴/۵۰۰**	۱۴/۸۲۶**	۰/۰۱۳ ns	۱/۸۲۳ *
دما	۳	۲۱/۲۸۸**	۰/۸۲۸ *	۱۲/۰۵۶**	۸/۷۸۵**	۰/۰۴۲ **	۶/۳۸۳ **
پایه * دما	۶	۰/۹۰۷ ns	۰/۲۳۲ ns	۵/۹۶۰*	۱/۸۵۰ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۷۸۸ ns
خطای آزمایش	۲۴	۲/۵۶۷	۰/۲۰۹	۲/۰۸۳	۱/۶۶۹	۰/۰۰۵	۰/۵۶۱
CV٪		۱۳/۵۷	۱۰/۶۱	۱۱/۹۵	۹/۸۰	۱۳/۵۸	۱۰/۵۶

*، **وns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

۴-۶-۱- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال نیتروژن در پایه‌های پسته

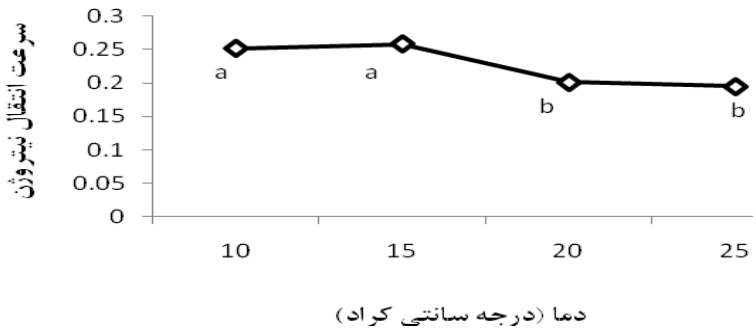
بررسی داده‌ها در ارتباط با سرعت انتقال نیتروژن در گیاه مشخص نمود که اثرات پایه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و اثرات تیمارهای دمایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و لیکن اثرات متقابل

معنی‌دار نبود. جدول(۴-۳۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین پایه‌ها سرعت انتقال نیتروژن در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های سرخسی و بادامی‌زرند است.



نمودار ۴-۳۳ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال نیتروژن در پایه های پسته

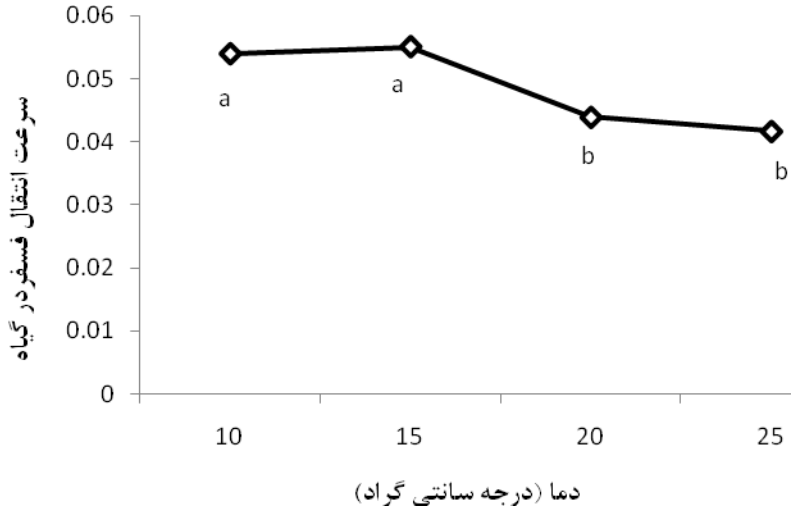
و هم چنین سرعت انتقال نیتروژن در دماهای ۱۰و۱۵ درجه سانتی‌گراد تقریبا با یکدیگر مساوی بود اما با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال نیتروژن در پایه‌های پسته کاهش یافت و سپس با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد روند سرعت انتقال نیتروژن درگیاه تقریبا به صورت خطی است.



نمودار ۴- ۳۴ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال نیتروژن در پایه های پسته

۴-۶-۲- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال فسفر در پایه‌های پسته

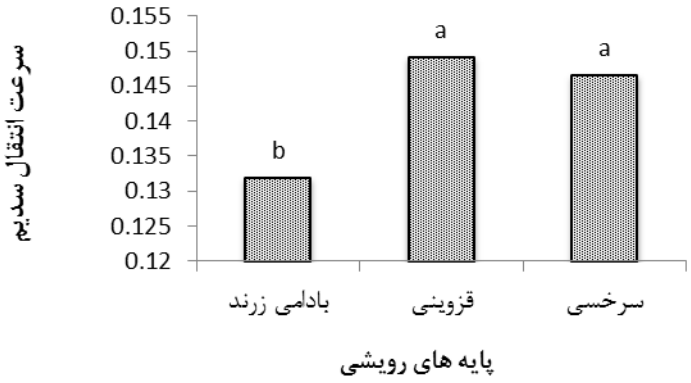
با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۳۲) تنها اثرات تیمارهای دمایی بر سرعت انتقال فسفر درگیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی که اثرات متقابل و اثرات ساده پایه بر سرعت انتقال فسفر گیاه معنی‌دار نبود نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده دما برای سرعت انتقال فسفر در نمودار (۴-۳۵) نشان داده شده است که سرعت انتقال فسفر در پایه‌های پسته در دماهای ۱۰و ۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط بیشتر از دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است بنابراین می‌توان گفت سرعت انتقال فسفر با افزایش دما در پایه‌های پسته کاهش می‌یابد.



نمودار ۴- ۳۵ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال فسفر در پایه های پسته

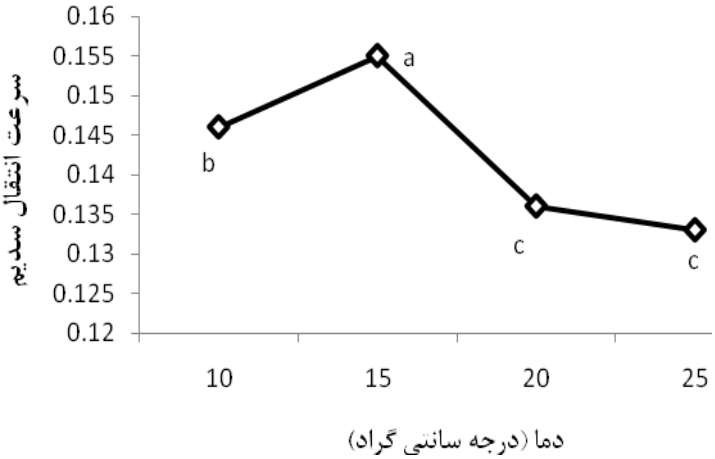
۴-۶-۳ – اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال سدیم در پایه‌های پسته

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین پایه‌ها از نظر سرعت انتقال سدیم در گیاه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد و نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نیز نشان داد که بیشترین سرعت انتقال سدیم در پایه قزوینی است و کمترین سرعت انتقال سدیم در پایه بادامی‌زرند مشاهده شد.



نمودار ۴-۳۶ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال سدیم در پایه های پسته

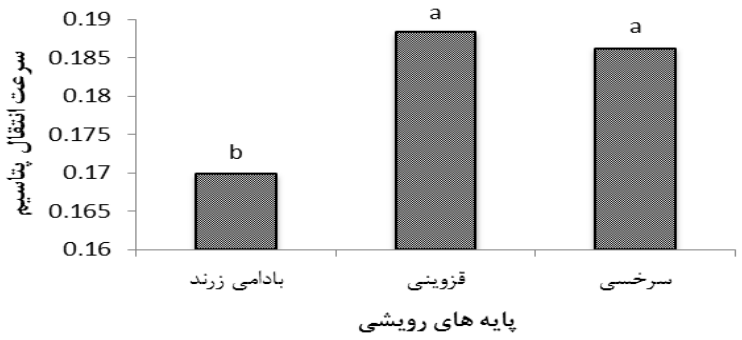
و هم‌چنین بین دماهای مورد آزمایش نیز بر سرعت انتقال سدیم در پایه‌های پسته اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت به طوری‌که با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال سدیم نیز افزایش یافت و سپس در دماهای بالاتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش سرعت انتقال سدیم در پایه‌های پسته کاهش یافت و اثرات متقابل پایه و تیمارهای دمایی بر سرعت انتقال سدیم معنی‌دار نبود.



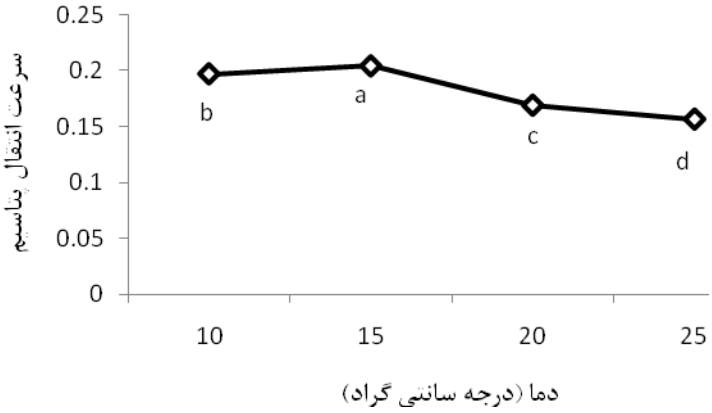
نمودار ۴- ۳۷ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال سدیم در پایه های پسته

۴-۶-۴- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال پتاسیم در پایه‌های پسته

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با سرعت انتقال پتاسیم در گیاه نشان داد که در بین پایه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد و در بین تیمارهای دمایی مورد آزمایش نیز از نظر این صفت اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد و لیکن اثرات متقابل برای این صفت معنی‌دار نبود همانطور که در نمودار(۴-۳۸) مشخص است بیشترین سرعت انتقال پتاسیم به ترتیب در پایه‌های قزوینی، سرخسی و بادامی‌زرند بود و با توجه به نمودار (۴-۳۹) با افزایش دمای محیط سرعت انتقال پتاسیم در پایه‌های پسته کاهش می‌یابد.



نمودار ۴--۳۸- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال پتاسیم در پایه های پسته

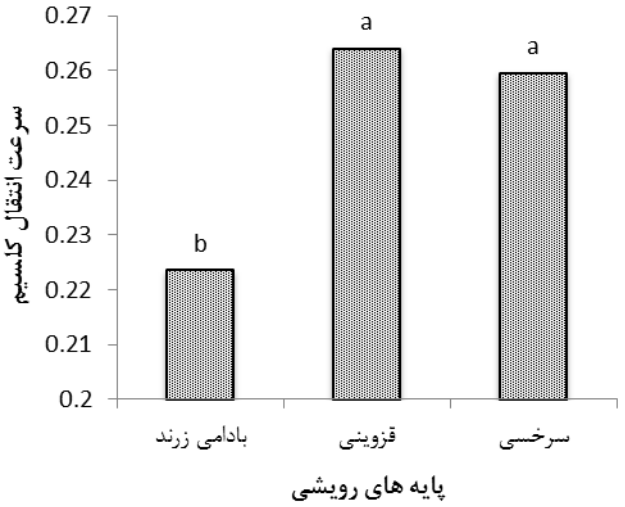


نمودار ۴- ۳۹ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال پتاسیم در پایه های پسته

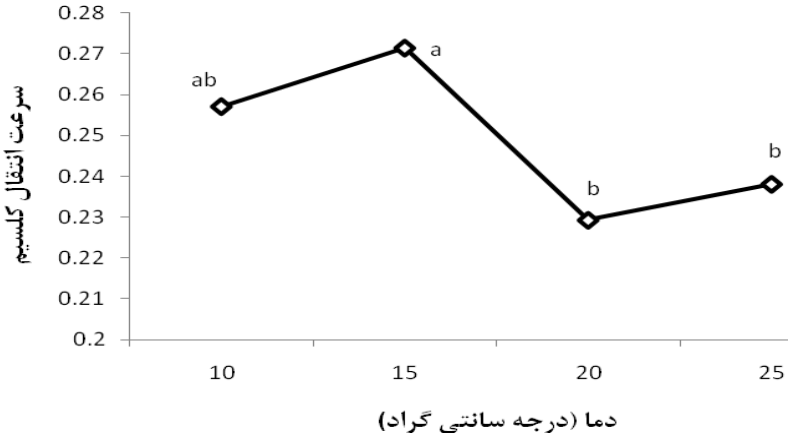
۴-۶-۵- اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال کلسیم در پایه‌های پسته

همان طور که در جدول ۴-۳۲ آمده است بین پایه‌های مختلف و هم‌چنین تیمارهای دمایی مختلف از نظر سرعت انتقال کلسیم در دانهال‌های پسته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت اما اثرات متقابل پایه در دما برای این صفت معنی‌دار نبود و نتایج مقایسه میانگین اثر ساده پایه در نمودار ۴-۴۰ آورده شده است که نشان می‌دهد سرعت انتقال کلسیم در پایه‌های قزوینی و سرخسی بیشتر از پایه بادامی‌زرند است و همان‌طور که در نمودار۴-۴۱ نشان داده شده است با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه

سانتی‌گراد سرعت انتقال کلسیم در دانهال‌های پسته نیز افزایش می‌یابد اما زمانی که دمای محیط از ۱۵به ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت سرعت انتقال کلسیم در پایه‌های پسته کاهش یافت



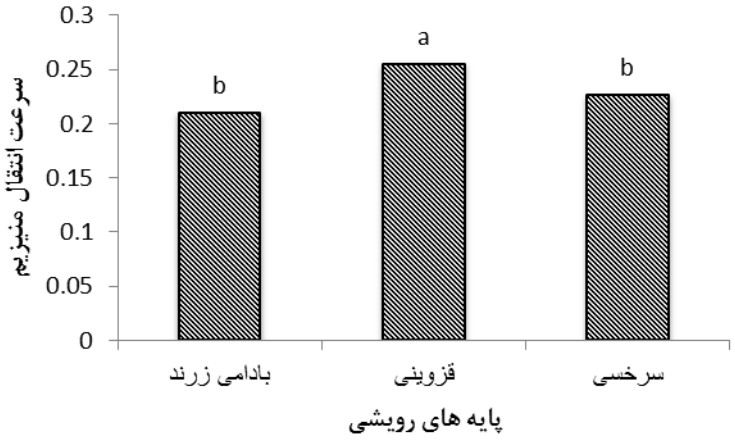
نمودار ۴- ۴۰ - مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال کلسیم در پایه های پسته



نمودار ۴- ۴۱ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت انتقال کلسیم در پایه های پسته

۴-۶-۶ - اثرات تیمارهای مختلف دمایی برسرعت انتقال منیزیم در پایه‌های پسته

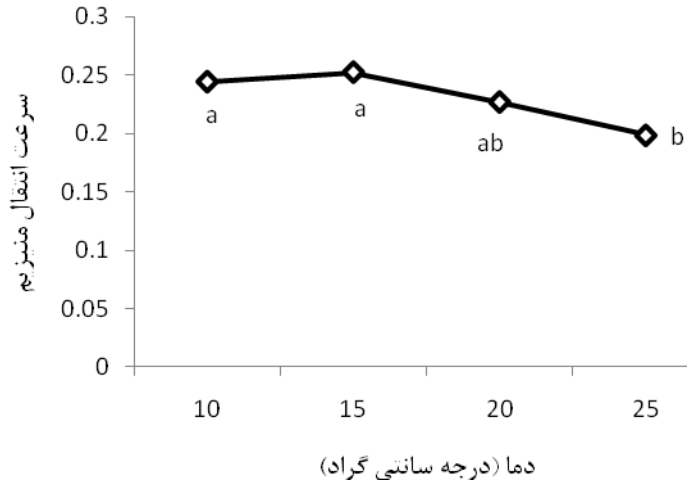
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین پایه‌ها و تیمارهای دمایی مختلف از نظر سرعت انتقال منیزیم در گیاه اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و اثرات متقابل پایه در دما از این نظر در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. همان طور که در نمودار(۴-۴۲) نشان داده شده است سرعت انتقال منیزیم در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های بادامی‌زرند و سرخسی است و در بین پایه‌های بادامی‌زرند و سرخسی به لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



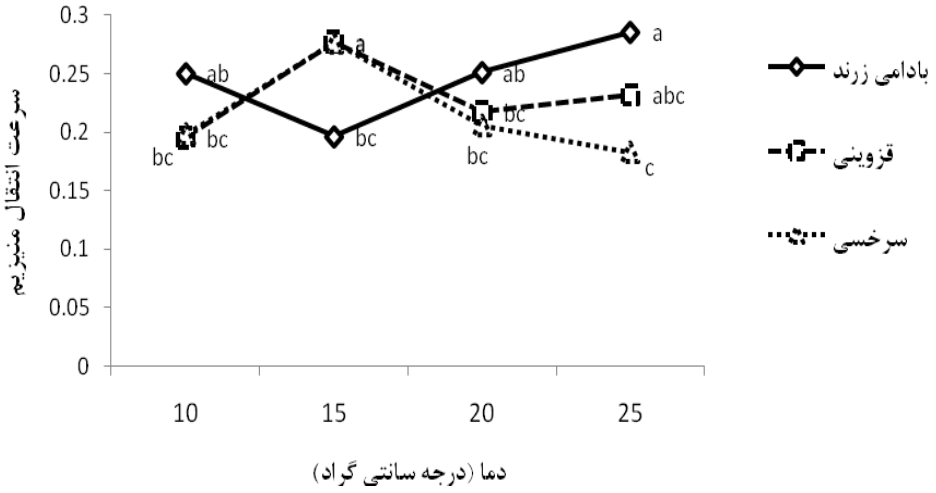
نمودار ۴- ۴۲- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته

نتایج مربوط به اثرات تیمارهای دمایی بر سرعت انتقال منیزیم در گیاه در نمودار (۴-۴۳) نشان داده شده است همان‌طورکه مشاهده می‌کنید با افزایش دمای محیط سرعت انتقال منیزیم در پایه‌های پسته نیز کاهش می‌یابد و نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نیز نشان داد با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گرادسرعت انتقال منیزیم در پایه بادامی‌زرندکاهش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۱۵به ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال منیزیم در این پایه افزایش می‌یابد در پایه‌های قزوینی و سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال منیزیم در این پایه‌ها افزایش یافت در

حالی‌که با افزایش دما از ۱۵به۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال منیزیم در پایه قزوینی و سرخسی کاهش یافت اما زمانی که دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت سرعت انتقال منیزیم دوباره در پایه قزوینی افزایش یافت درحالی‌که در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۵ تا۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال منیزیم دراین پایه روند کاهشی داشت.



نمودار ۴- ۴۳ - مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته



نمودار ۴- ۴۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت انتقال منیزیم در پایه های پسته

۴-۷ اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب عناصر غذایی در پایه‌های پسته

نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارهای دمایی بر سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف توسط پایه‌های پسته در جدول ذیل نشان داده شده است و سپس نتایج به تفکیک برای هر عنصر در ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

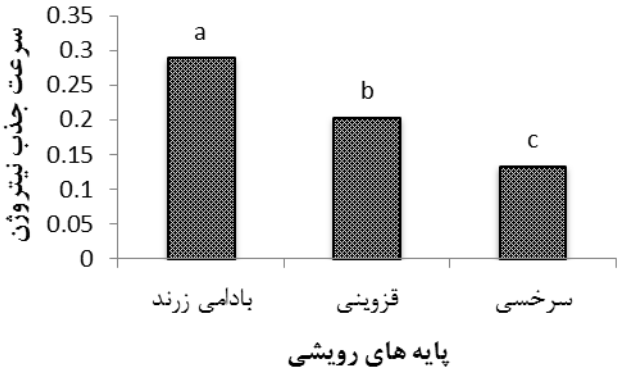
جدول ۴- ۳۳ -تجزیه واریانس اثرات دماهای مختلف محیط بر سرعت جذب عناصر غذایی پرمصرف در پایه‌های مختلف پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	فسفر	نیتروژن
پایه	۲	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۴۷**	۰/۰۳۳*	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۷۲**
دما	۳	۰/۰۰۴*	۰/۰۱۲**	۰/۰۸۷**	۰/۱۰۲**	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۳ ns
پایه * دما	۶	۰/۰۰ ۴ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۰۲۰*	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۶*	۰/۰۱۱ ns
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۴
CV%		۲۷/۱۱	۱۷/۰۰۲	۱۶/۹۹	۱۹/۶۴	۱۹/۳۳	۱۸/۳۱

** ، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح۱ ، ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

۴-۷-۱- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب نیتروژن در پایه‌های پسته

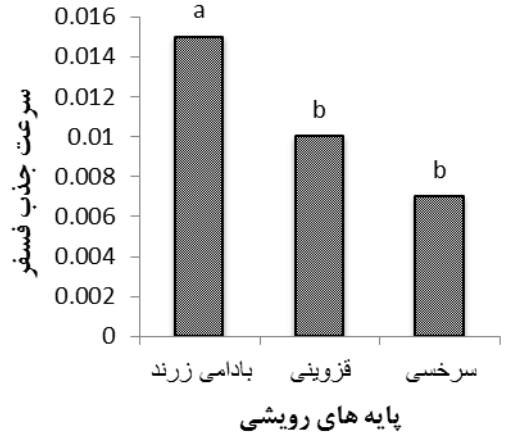
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هیچکدام از اثرات تیمارهای دمایی و اثرات متقابل پایه در دما بر سرعت جذب نیتروژن توسط گیاه معنی‌دار نبوده و فقط بین پایه‌ها، از نظر سرعت جذب نیتروژن توسط گیاه تفاوت معنی دار در سطح احتمال ٪۱وجود داشت و همان‌طور که در نمودار۴-۴۵ نشان داده شده است سرعت جذب نیتروژن در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه‌های قزوینی و سرخسی و در پایه قزوینی نیز بیشتر ازپایه سرخسی است.



نمودار ۴- ۴۵- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب نیتروژن در پایه های پسته

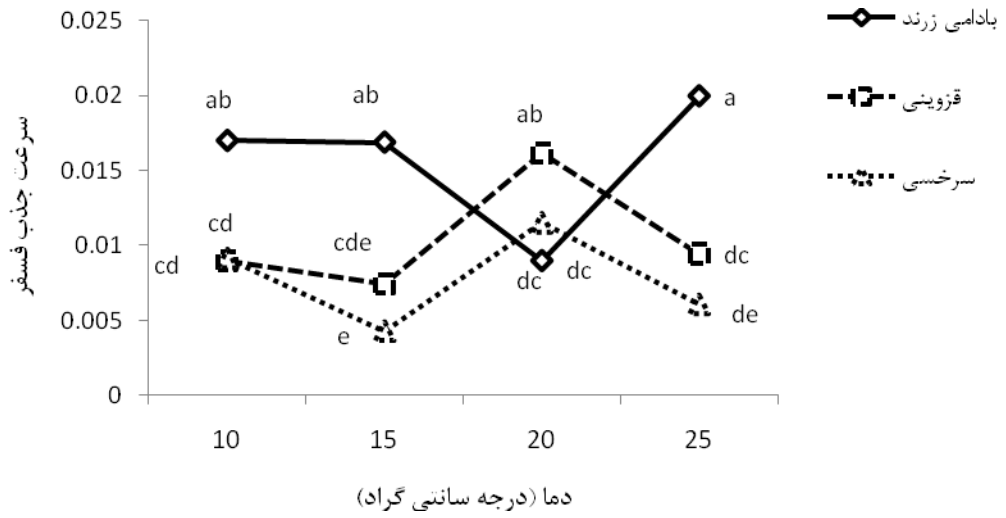
۴-۷-۲- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب فسفردر پایه‌های پسته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین پایه‌های مورد بررسی از نظر سرعت جذب فسفر گیاه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد در حالی که بین تیمارهای دمایی متفاوت از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما اثرات متقابل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود همان طور که در نمودار ۴-۴۶ مشخص است، پایه بادامی‌زرند در مقایسه با پایه‌های قزوینی و سرخسی سرعت جذب فسفر بالاتری دارد.



نمودار ۴- ۴۶- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب فسفر در پایه های پسته

و هم چنین نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در دما نیز نشان داد که سرعت جذب فسفر در پایه بادامی‌زرند با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر در پایه بادامی‌زرند در این دماها تقریبا ثابت و نزدیک به هم است اما با افزایش دما به۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر به شدت کاهش یافت و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر مجدد افزایش یافت. همان‌طورکه در نمودار۴-۴۷ مشخص است با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی گراد سرعت جذب فسفر در پایه قزوینی و سرخسی کاهش یافت در حالی‌که با افزایش دما از ۱۵به ۲۰ درجه سانتی گراد سرعت جذب فسفر در هر دو پایه افزایش یافت و در دمای بالاتر از ۲۰درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش سرعت جذب فسفر در در هر دو پایه قزوینی سرخسی کاهش یافت.

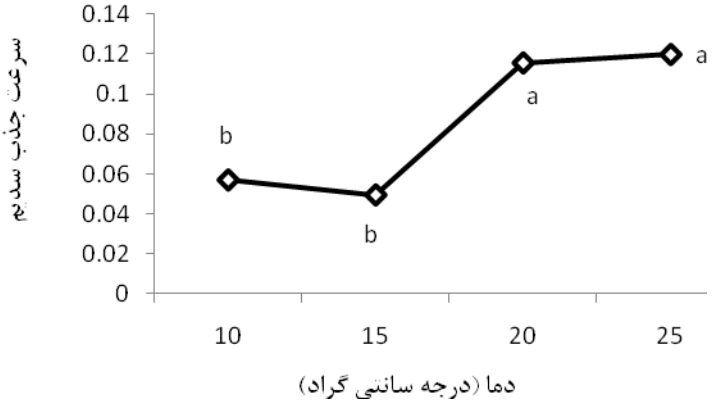


نمودار ۴- ۴۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب فسفر در پایه های پسته

۴-۷-۳- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب سدیم در پایه‌های پسته

در ارتباط با سرعت جذب سدیم گیاه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثرات تیمارهای مختلف دمایی برای این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و اثرات پایه و اثرات متقابل پایه در دما از این

نظر غیرمعنی‌دار بود همان طور که در نمودار ۴-۴۸ مشخص است با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی گراد سرعت جذب سدیم در پایه های پسته به مقدار جزئی کاهش یافت ولی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد سرعت جذب سدیم گیاه به شدت افزایش می‌یابد و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی گراد سرعت جذب سدیم مقدار بسیار جزئی افزایش یافت.

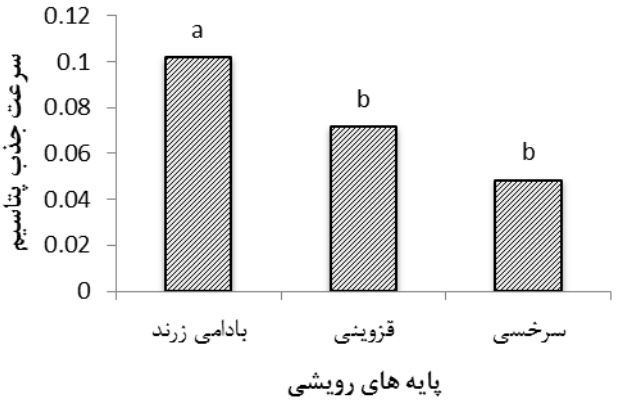


نمودار ۴- ۴۸- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب سدیم در پایه های پسته

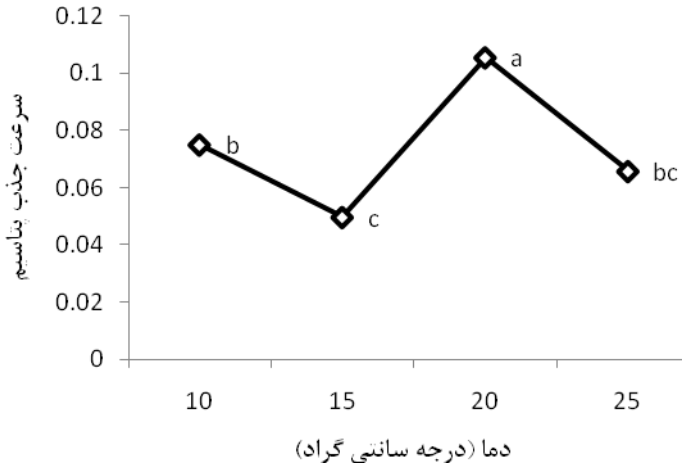
۴-۷-۴- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب پتاسیم در پایه‌های پسته

نتایج تجزیه واریانس برای سرعت جذب پتاسیم در تیمارهای دمایی مختلف مشخص نمود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪بین پایه های مورد بررسی وجود دارد و در بین دماهای مورد بررسی از این نظر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت ولیکن اثرات متقابل برای سرعت جذب پتاسیم گیاه غیرمعنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین سرعت جذب پتاسیم مربوط به پایه بادامی‌زرند و کمترین سرعت جذب پتاسیم مربوط به پایه‌های قزوینی و سرخسی است همان طور که در نمودار۴-۴۹ نشان داده شده است با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گرادسرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته کاهش یافت و هم‌چنین با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰درجه سانتی‌گراد سرعت جذب

پتاسیم در گیاه افزایش یافت و دوباره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جذب پتاسیم در پایه های مورد بررسی کاهش یافت.



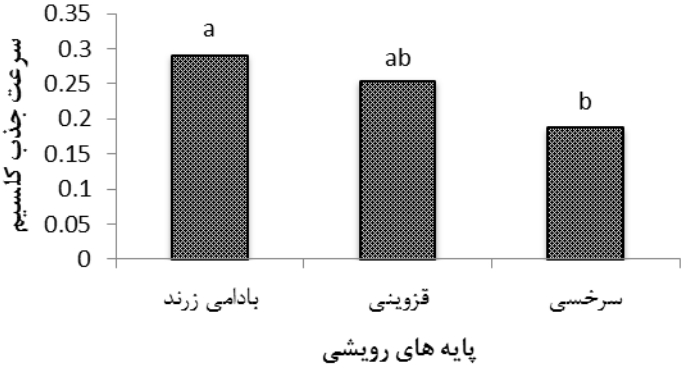
نمودار ۴- ۴۹- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته



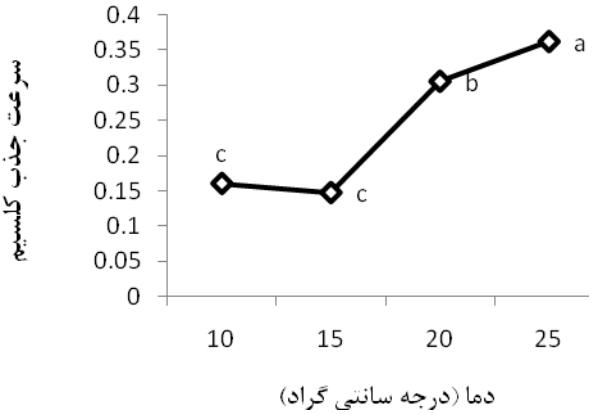
نمودار ۴- ۵۰- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب پتاسیم در پایه های پسته

۴-۷-۵- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب کلسیم در پایه‌های پسته

همان طور که در جدول ۴-۳۳ نشان داده شده است اثر نوع پایه بر سرعت جذب کلسیم گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است و مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد سرعت جذب کلسیم در پایه بیشتر از پایه‌های دیگر است و اثر تیمارهای دمایی نیز بر روی سرعت جذب کلسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولیکن اثرات متقابل برای سرعت جذب کلسیم معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب کلسیم به صورت جزئی در پایه‌های پسته کاهش می‌یابد اما در دماهای بالاتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش سرعت جذب کلسیم در پایه‌های پسته افزایش یافت.



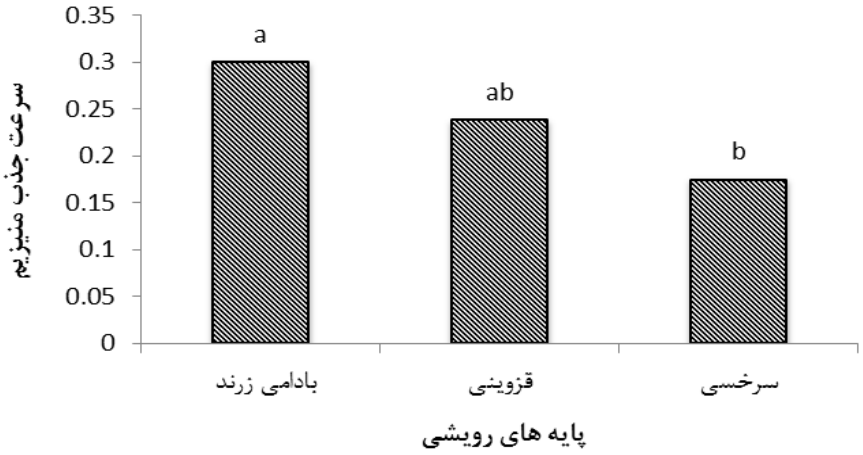
نمودار ۴- ۵۱- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب کلسیم در پایه های پسته



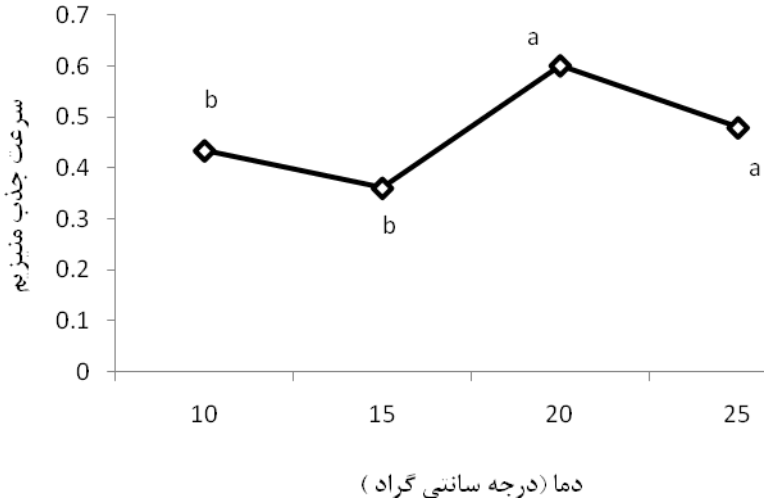
نمودار ۴-۵۲- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب کلسیم در پایه های پسته

۴-۷-۶- اثرات تیمارهای مختلف دمایی بر سرعت جذب منیزیم در پایه‌های پسته

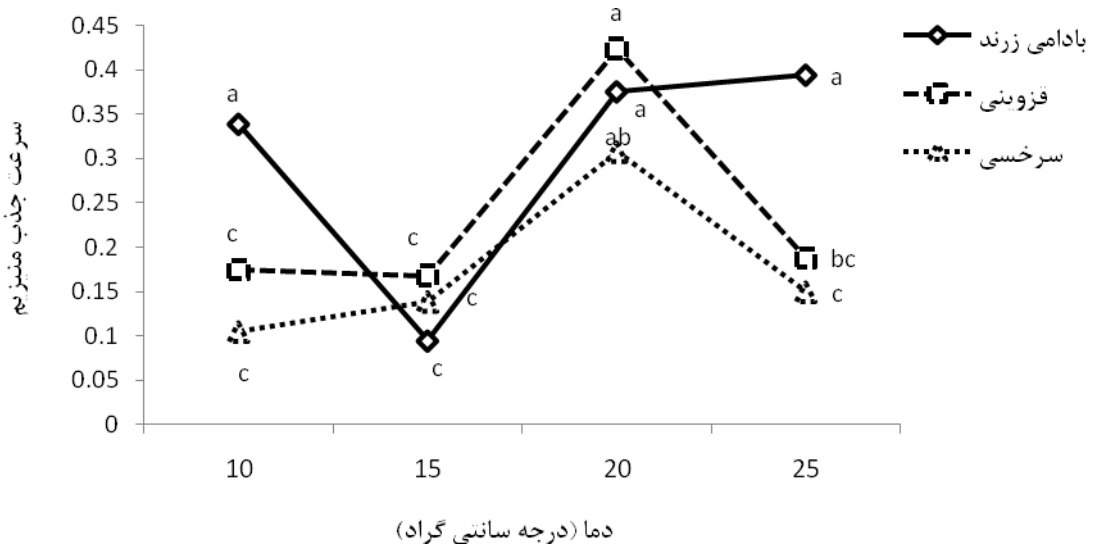
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هم اثرات پایه و هم اثرات دما در سطح احتمال یک۱٪ معنی‌دار بود و اثرات متقابل، در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت جذب منیزیم در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه‌های قزوینی و سرخسی است همان‌طورکه در نمودار (۴- ۵۴) مشخص است با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم در پایه‌های پسته کاهش یافت و با افزایش دما از ۱۵به۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم به شدت افزایش یافت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گرادسرعت جذب منیزیم در پایه‌های پسته مجدد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما نشان داد با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم در پایه قزوینی تقریبا ثابت بود سپس با افزایش دما از ۱۵به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم در این پایه افزایش یافت و در دمای بالاتر از ۲۰درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش سرعت جذب منیزیم در این پایه کاهش یافت. روند تغییرات سرعت جذب منیزیم با افزایش دما در پایه سرخسی تقریبا می‌توان گفت مشابه پایه قزوینی است با این تفاوت که با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم مقدار ثابتی نیست بلکه با افزایش دما، سرعت جذب منیزیم به آرامی در این پایه افزایش یافت.



نمودار ۴-۵۳- مقایسه میانگین اثرات پایه بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته



نمودار ۴-۵۴- مقایسه میانگین اثرات دما بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته



نمودار ۴-۵۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب منیزیم در پایه های پسته

فصل پنجم

بحث

۵-۱- خصوصیات رشدی

در تحقیق حاضر مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش دما از ۱۰ تا۲۰ درجه سانتی‌گراد تعداد برگ در هر سه پایه مورد بررسی افزایش یافت و با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعداد برگ در پایه‌های سرخسی و قزوینی نسبت به دمای۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت در حالی‌که در پایه بادامی‌زرند تعداد برگ در هر دو دما ثابت بود که در بررسی که عزیزی و همکاران در سال (۱۳۸۳) بر روی گونه‌های یونجه یکساله انجام دادند، نشان دادند که با افزایش دمای هوا و دمای منطقه ریشه تعداد و سطح برگ در گونه‌های یونجه یک‌ساله مورد مطالعه نیز افزایش پیدا کرد. کائو و ماس[1] در سال (۱۹۸۹)گزارش کردند که سرعت رشد برگ با افزایش دمای خاک تا دمای بهینه افزایش می‌یابد و سپس در دماهای فوق بهینه خاک عکس این حالت رخ داده و با افزایش دمای خاک رشد برگ کاهش می‌یابد. در ارتباط با طول ساقه و طول ریشه نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که طول ساقه و ریشه در پایه‌های پسته تحت تاثیر تیمارهای دمایی قرار نگرفت ولی در بین پایه‌های مورد بررسی بلندترین و کمترین طول ساقه به ترتیب در پایه‌های بادامی‌زرند و سرخسی حاصل شد و بین پایه‌ها نیز به لحاظ طول ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که عزیزی و همکاران در سال (۱۳۸۳) نشان دادند که دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد هوا طول ریشه را بیش از سایر دماها افزایش می دهد. پایه بادامی زرند در بین پایه‌های مورد بررسی بیشترین وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را داشت در پژوهشی، کریمی و همکاران در سال(۲۰۱۲) قدرت رشدی ژنوتیپ‌های آتلانتیکا [2]و زیرگونه‌های آن(موتیکا[3]، کوردیکا[4]، کابولیکا [5])، بادامی‌ریز زرند، قزوینی، سرخسی و خینجوک[6] مقایسه کردند و نشان دادند که بیشترین وزن تر و خشک

1-Cao and Moss
2-P. atlantica
3-subsp. *mutica*
4-subsp. *kurdica*
5-subsp.*cabulica*
6-P. khinjuk

برگ، ساقه و ریشه به ترتیب در پایه‌های آتلانتیکا، بادامی زرند و قزوینی می باشد و در رابطه با سطح برگ نیز پایه‌های بادامی زرند و قزوینی و آتلانتیکا در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر سطح برگ گسترده‌تری دارند که نتایج به دست آمده با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. با افزایش دما وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه در پایه‌های مورد بررسی افزایش یافت که علت آن مناسب تر بودن دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای افزایش سرعت رشد و نمو اندام‌های هوایی و زیر زمینی پایه‌های پسته نسبت به دماهای ۱۰و ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. تحقیقی که در همین رابطه بر روی سویا انجام گرفت نشان داد که وزن گیاه، تعداد و سطح برگ با کاهش دمای منطقه ریشه کاهش می‌یابد (Walsh *et al*, 1986; Zhang, and Smith, 1995) نتایج حاصل از این بررسی با نتایج عزیزی و همکاران در سال (۱۳۸۳)، نشان دادند با افزایش دمای هوا و منطقه ریشه رشد رویشی گونه‌های یونجه یکساله نیز افزایش یافت که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. افزایش دما از ۱۷ تا ۲۵ درجه سانتی گراد وزن خشک گیاه و وزن خشک ریشه در موز واریته ویلیامز را افزایش داد و زمانی که دما از ۲۹ به ۳۷ درجه سانتی‌گراد رسید وزن خشک گیاه و وزن خشک ریشه کاهش یافت (Turner and Lahav, 1985).

رشد پدیده‌ای است که تحت تاثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. اولین و مهمترین اثرات تنشهای محیطی در ابتدا بر روی صفات رویشی و شاخص‌های رشدی می‌باشد. از جمله مهم‌ترین تنش‌های محیطی، تنش دماهای پایین و بالا است که شدیدا رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. رشد ریشه در دماهای پایین در مقدار کم آغاز می‌شود و سپس با بالا رفتن دما تا رسیدن به دمای بهینه افزایش می‌یابد و سپس در دماهای فوق بهینه رشد ریشه کاهش می‌یابد. این قبیل عکس العمل‌های دمایی مربوط به گیاهان زراعی و تعداد کمی از گونه‌های درختان جنگلی است.

۵-۲- پارامتر های فیزیولوژیکی

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان هدایت روزنه‌ای با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی گراد در هر سه پایه پسته مورد مطالعه افزایش یافت. لندهایسر و همکاران [1](۱۹۹۶)، اسچاوارز و همکاران [2](۱۹۹۷) مطرح کردند که دمای بالای خاک سرعت فتوسنتز را به خاطر قرار گرفتن ناگهانی، در معرض استرس آبی افزایش داده و سبب افزایش سرعت جذب و انتقال آب و هدایت روزنه‌ای بیشتر و سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد و سبب افزایش در دسترس قرارگرفتن کربن‌های تثبیت شده می‌شود که بخشی از آن به طرف پایین برای حفظ ریشه‌های جدید منتقل می‌شود.. کوچکی و همکاران (۱۳۸۴) اعلام کردند که بالا بودن میزان فتوسنتز می‌تواند ناشی از یک افزایش در هدایت روزنه‌ای برگ باشد بنابراین با افزایش دما میزان هدایت روزنه‌ای افزایش می‌یابد و افزایش هدایت روزنه‌ای باعث افزایش فتوسنتز و رشد می‌گردد و هم چنین با افزایش دما وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی در دانهال‌های پسته افزایش یافت که نشان می‌دهد همبستگی مثبتی بین هدایت روزنه‌ای و افزایش رشد در پایه‌های پسته مورد بررسی با افزایش دما تا یک حد معینی وجود دارد. کافمن و اوانس [3]در سال(۱۹۷۵) علت اصلی کاهش هدایت روزنه‌ای در دماهای پایین ریشه را محدودیت جذب آب توسط ریشه در نتیجه افزایش ویسکوزیته آب و مقاومت ریشه دانسته‌اند.

مطابق با نمودار ۴-۶ اثرات متقابل پایه و دما بر میزان نسبی آب برگ نشان داد که با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد میزان نسبی آب برگ در پایه‌های قزوینی و سرخسی کاهش یافت و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان نسبی آب برگ افزایش یافته و دوباره در دما ۲۵ درجه

1-Landhausser *et al*
2-Schwarz *et al*

سانتی‌گراد در پایه‌های قزوینی و سرخسی کاهش یافت در پایه بادامی زرند نیز این روند تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد ولی با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان نسبی آب برگ تقریبا ثابت ماند و کاهش پیدا نکرد که این نوسانات در میزان نسبی آب بافت برگ در پایه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که میزان نسبی آب بافت برگ بیشتر تحت تاثیر روابط آب خاک و گیاه قرار می‌گیرد و هم چنین محتوی نسبی آب برگ بالا به معنای توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است. بلوم و همکاران [1] در سال (۱۹۸۱) اظهار داشته‌اند ژنوتیپ‌های که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند، برای مناطق خشک مناسب هستند. در این بررسی عدم همبستگی بین هدایت روزنه‌ای با محتوی نسبی آب برگ نشان می‌دهد هدایت روزنه‌ای و تعرق کمتر، باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ نمی‌شود بلکه محتوی نسبی آب برگ بالاتر ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی یا سایر ترکیبات تنظیم کننده اسمزی و یا با توانایی ریشه، در جذب آب مرتبط باشد. در بررسی که بر روی تنش دمای بالا و پایین بر روی میزان نسبی آب بافت برگ در یونجه انجام شد محتوی نسبی آب برگ در دمای پایین (۵ $^{\circ}$C) در مقایسه با دمای بالا (۳۳ $^{\circ}$C) بیشتر بود که افزایش محتوی نسبی آب برگ در دماهای پایین به دلیل کاهش میزان نشاسته برگ و افزایش قندهای محلول احیا شده مانند ساکارز و فروکتوز است و هم‌چنین در دمای پایین میزان ترکیب آلدهیدی مالون دی آلدهید و نشت الکترولیت در برگ‌ها کاهش یافته و همه این‌ها منجر به افزایش محتوی نسبی آب برگ در یونجه می‌گردد.(Yiwei Mo *et al*, 2011)

نتایج نشان داد که با افزایش دما میزان شاخص سبزینگی (اسپد) در پایه‌های سرخسی و بادامی زرند تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به میزان اندکی کاهش می‌یابد در حالی‌که در پایه قزوینی میزان شاخص سبزینگی با افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد این صفت در پایه‌های پسته با افزایش وزن تر و خشک برگ ساقه و ریشه همبستگی

1-Blum, *et al*

مثبت و معنی‌داری داشت و نشان داد که با افزایش میزان شاخص سبزینگی برگ در دماهای بالا وزن تر و خشک برگ ساقه و ریشه نیز افزایش می یابد. در مطالعه‌ای که گور و همکاران [1]در سال (۱۹۶۷) بر روی میزان کلروفیل در برگ‌های سیب در دماهای فوق بهینه ریشه انجام دادند، بیان کردند که در دماهای فوق بهینه ریشه میزان کلروفیل در برگ‌های سیب کاهش یافت و در این بررسی نیز شاخص میزان سبزینگی در پایه‌های سرخسی و بادامی‌زرند در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش یافت.

۵-۳- عناصر غذایی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت نیتروژن در برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته با افزایش دما از ۱۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش یافت که این کاهش صورت گرفته در غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و ریشه پایه‌های پسته را می‌توان با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری سرعت جذب ریشه و محاسبه سرعت انتقال نیتروژن در گیاه شرح داد با توجه به سرعت جذب بالای نیتروژن ریشه در دماهای پایین سبب افزایش غلظت نیتروژن ریشه شده و افزایش غلظت نیتروژن ریشه نیز سبب افزایش انتقال آن بر اساس یک شیب غلظت به اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و با افزایش دما و مساعد شدن شرایط دمایی برای افزایش رشد از غلظت نیتروژن در اندام های گیاه کاسته می‌شود. هود و میلز در سال (۱۹۹۴)[2]مشاهده کردند که میزان نیتروژن در گل میمون با افزایش دما ناحیه ریشه از ۸ به ۲۹ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد اما زمانی که دما از ۲۹ به ۳۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت میزان نیتروژن گیاه کاهش می‌یابد. لاهتی و همکاران[3]در سال (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند میزان نیتروژن در ساقه دانهال‌های پنج ساله صنوبر در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارند نتایج اثرات متقابل پایه و دما بر میزان غلظت نیتروژن

1-Gur *et al*
2-Hood, and Mills
3-Lahti *et al*

ساقه و ریشه نشان داد که غلظت نیتروژن در ساقه پایه بادامی زرند با افزایش دما از۱۰ به ۱۵ درجه سانتی گراد به موازات کاهش غلظت نیتروژن و سرعت جذب نیتروژن در ریشه کاهش یافته بود سپس با افزایش دما از ۱۵به ۲۰ درجه سانتی گراد غلظت نیتروژن در ساقه افزایش یافت ولی غلظت نیتروژن ریشه در این دما نیز کاهش یافته بود و به احتمال این کاهش به دلیل مساعد شدن دما برای رشد برگ و ساقه است چرا که داده‌های حاصل از اندازه گیری شاخص های رشد در این پایه نیز نشان داد با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد رشد این پایه نیز افزایش یافت و با افزایش دما از۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب نیتروژن ریشه برای حفظ فرآیند رشد افزایش یافت اما به اندازه ای نیست که بتواند غلظت نیتروژن در ریشه را افزایش دهد. و به موازات آن نیز غلظت نیتروژن در ساقه و برگ کاهش یافت در پایه قزوینی نیز غلظت نیتروژن در ریشه با افزایش دما از ۱۰ به۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و با افزایش دما از۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان نیتروژن در ریشه این پایه افزایش یافته بود که علت این افزایش در غلظت نیتروژن ریشه در پایه قزوینی به دلیل افزایش سرعت جذب ریشه در این دما است چرا که بررسی داده‌های حاصل از سرعت جذب ریشه در پایه قزوینی نشان داد با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی گراد نیز سرعت جذب نیتروژن در ریشه کاهش یافته بود و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی گراد سرعت جذب نیتروژن در ریشه این پایه افزایش یافت که با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ غلظت نیتروژن در ساقه کاهش یافت و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت نیتروژن ساقه افزایش و در دمای ۲۵ درجه کاهش یافت اما در پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت نیتروژن در ریشه افزایش یافت و این روند افزایشی در ساقه نیز دیده شد و سرعت جذب نیتروژن ریشه در پایه سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت اما با مساعد شدن شرایط برای رشد غلظت نیتروژن در ریشه و ساقه این پایه کاهش یافت . نمودارهای ۴-۱۰ و ۴-۱۱ نشان می‌دهد که در دماهای بالا غلظت نیتروژن در ساقه پایه بادامی زرند بیشتر از پایه قزوینی است و غلظت نیتروژن در

ساقه و ریشه پایه سرخسی در دماهای پایین و بالا کمتر از پایه های قزوینی و بادامی زرند است و سرعت جذب نیتروژن ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در پایه سرخسی بیشتر از پایه بادامی زرند و در این پایه نیز بیشتر از پایه قزوینی بود اما در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد سرعت جذب نیتروژن ریشه در پایه‌های قزوینی و بادامی زرند به مراتب بیشتر از سرخسی بود و سرعت جذب نیتروژن ریشه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در پایه‌های سرخسی و قزوینی بیشتر از پایه بادامی زرند بود. نتایج در ارتباط با غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته تحت تاثیر تیمارهای دمایی مختلف نیز نشان داد که با افزایش دما غلظت فسفر برگ و ریشه پایه‌های پسته کاهش یافت ولی غلظت فسفر ساقه تحت تاثیر تیمارهای دمایی قرار نگرفت. این افزایش در فسفر برگ و ریشه به دلیل افزایش سرعت جذب فسفر ریشه و افزایش سرعت انتقال فسفر در گیاه در دماهای پایین ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای بالا ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. هوانگ و خو[1] در سال(۲۰۰۰) نیز گزارش کردند در بنت القنسول نیز وقتی ریشه‌ها در معرض دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه قرار می‌گیرند در حالی که اندام‌های هوایی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند غلظت فسفر ساقه و ریشه کاهش می‌یابد. همچنین میزان جذب و غلظت فسفر در برگ گیاهان گوجه فرنگی که در دمای بالای ۳۶ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه رشد کرده بودند،کاهش یافت. در مطالعه که بر روی کاهو رقم پالما تحت شرایط کشت هیدروپونیک صورت گرفت مشخص شدکه گیاهانی که در دمای بهینه و در دمای پایین منطقه ریشه رشد کرده بودند غلظت فسفر در برگ آنها در مقایسه با گیاهانی که در دماهای گرم منطقه ریشه رشد کرده‌اند بیشتر است (Tan et al, 2002) در خربزه نیز نتایج مشابهی به دست آمد (Stoltzfus *et al*, 1998) که نتایج ارائه شده در این پژوهش‌ها با نتایج بررسی حاضر هم‌سو می‌باشد. نتایج اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب فسفر توسط ریشه و غلظت فسفر در برگ و ریشه پایه بادامی زرند نشان داد که با افزایش دمای محیط از ۱۰ به

1-Huang and Xu

۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر توسط ریشه پایه بادامی زرند کاهش یافته است و به موازات این کاهش غلظت فسفر در ریشه و برگ این پایه نیز کاهش یافت اما با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب ریشه افزایش یافت اما غلظت فسفر ریشه هم‌چنان در این دما نیز کاهش یافته بود ولی غلظت فسفر در برگ با افزایش دما به ۲۰ درجه سانتی گراد افزایش یافته بود به دلیل مساعد شدن شرایط دمایی جهت رشد شاید سبب کاهش غلظت فسفر در ریشه شده و افزایش سرعت جذب فسفر توسط ریشه نیز در این دما به حدی نبوده که بتواند کاهش غلظت این عنصر در ریشه را به دلیل افزایش رشد جبران کند. در پایه قزوینی نیز با افزایش دمای محیط از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت فسفر در ریشه کاهش یافت در این پایه غلظت فسفر در برگ نیز با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت، بررسی نتایج حاصل از فاکتورهای رشدی نشان داد که تعداد برگ در پایه قزوینی با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت شاید کاهش فسفر برگ در این پایه به دلیل افزایش تشکیل برگ‌های جدید باشد و با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر تعداد برگ در این پایه افزوده نشده است و غلظت فسفر نیز در برگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و هم چنین سرعت جذب فسفر ریشه نیز با افزایش دما از ۱۰به۲۰ درجه سانتی‌گراد در این پایه کاهش یافته است و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر ریشه در این پایه افزایش یافت. در پایه سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر توسط ریشه این پایه افزایش یافته است و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر در این پایه کاهش یافت غلظت فسفر در ریشه نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته بود اما غلظت فسفر برگ به مقدار بسیار جزئی در این دما افزایش یافت و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی گراد غلظت فسفر در ریشه تقریبا ثابت بود و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به شدت کاهش یافت و غلظت فسفر برگ نیز از دمای ۱۵تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و این

کاهش به جهت افزایش در تعداد برگ می‌باشد و همان طور که در نمودارهای (۴-۱۲) و(۴-۱۳) نشان داده شده است غلظت فسفر برگ و ریشه در پایه قزوینی در دمای ۲۵ و ۱۵درجه سانتی‌گراد بیشتر از پایه بادامی زرند بود اما غلظت فسفر در برگ و ریشه پایه بادامی زرند در سایر دماهای مورد بررسی بیشتر از پایه قزوینی بود و هم چنین سرعت جذب فسفر ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در پایه سرخسی بیشتر از پایه بادامی زرند و در این پایه نیز بیشتر از پایه قزوینی است و در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب فسفر ریشه پایه قزوینی بیشتر از پایه بادامی زرند و سرخسی است و سرعت جذب فسفر ریشه در دمای۲۵ درجه سانتی‌گراد در پایه قزوینی و بادامی زرند بیشتر از پایه سرخسی است. نتایج در ارتباط با غلظت سدیم در برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته تحت تیمارهای دمایی مختلف نشان داد که غلظت سدیم برگ تحت تاثیر تیمارهای دمایی قرار نگرفت و غلظت سدیم در ساقه با افزایش دما کاهش می‌یابد و هم چنین غلظت سدیم در ریشه نیز با افزایش دما افزایش می‌یابد با این حال جذب کاتیون‌های دو ظرفیتی معمولا به صورت غیر فعال و در جهت شیب الکترو شیمیایی است و هم چنین در درجه حرارت‌های بالای خاک سرعت جذب عناصر به سبب کاهش ویسکوزیته آب و افزایش سرعت جریان توده‌ای و انتشار سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شود. هم‌چنین بیشترین میزان سدیم در ساقه پایه‌های پسته در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط بود. داده‌های حاصل از سرعت انتقال عناصر غذایی نشان دادند که سرعت انتقال سدیم در دماهای پایین کمتر از دماهای بالای مورد بررسی بود. نتایج مقایسه میانگین برای اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت سدیم ریشه نشان داد که غلظت سدیم در ریشه پایه بادامی زرند با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. اما غلظت سدیم در ریشه پایه سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت در پایه قزوینی نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت سدیم ریشه در این پایه کاهش یافت و سپس با

افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت سدیم در ریشه این پایه افزایش یافت. همان طور که در نمودار (۴-۱۴) نشان داده شده است بیشترین غلظت سدیم در ریشه در دمای۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به پایه قزوینی است اما در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت سدیم ریشه این پایه کمتر از پایه‌های بادامی زرند و سرخسی است و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نیز غلظت سدیم ریشه پایه بادامی‌زرند بیشتر از پایه‌های سرخسی و قزوینی است و سرعت جذب سدیم ریشه معنی‌دار نشد. در ارتباط با غلظت پتاسیم در برگ، ساقه و ریشه پایه‌های پسته تحت تیمارهای دمایی مختلف نشان داد که غلظت پتاسیم برگ با افزایش دما کاهش می‌یابد و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمترین غلظت پتاسیم در ساقه وجود دارد و بیشترین غلظت سدیم ساقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود و میزان پتاسیم ساقه در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و همچنین در بین تیمارهای دمایی از نظر غلظت پتاسیم ریشه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. داده‌های حاصل از سرعت جذب عناصر غذایی توسط ریشه نشان داد که سرعت جذب پتاسیم ریشه با افزایش دما کاهش می‌یابد و هم چنین سرعت انتقال پتاسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز سرعت انتقال پتاسیم بیشتر از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و شاید همین سرعت انتقال بیشتر عناصر در دمای ۱۵ و۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش غلظت این عناصر در ساقه گردیده است. بررسی تاثیر دمای محلول غذایی در کشت هیدروپونیک گیاهان گوجه فرنگی توسط فلاحی وکیتانو[1] در سال(۲۰۱۰) نشان داد که در بلند مدت دمای بالا محلول غذایی سبب کاهش غلظت عناصر غذایی در شیره آوند چوبی ریشه می‌گردد و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم در شیره آوند چوبی، نسبت به غلظت این عناصر در محلول غذایی بسیار کمتر است. این امر نشان می‌دهد که جذب این عناصر در دماهای بالا محلول غذایی توسط فرآیندهای فعال در ریشه که در جذب عناصر غذایی

1-Falahi *et al*, and Kitano

درگیر هستند به تعویق می‌افتد که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت پتاسیم ساقه نشان داد که با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه در پایه بادامی‌زرند افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه در این پایه کاهش یافت و هم‌چنین سرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه این پایه نیز افزایش یافت و روند تغییرات غلظت پتاسیم ساقه در پایه قزوینی با پایه بادامی‌زرند متفاوت بود به طوری که در این پایه با افزایش دما از ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه کاهش یافت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه در این پایه افزایش یافت و سرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه افزایش می‌یابد و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه این پایه کاهش می‌یابد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گرادسرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه افزایش می‌یابد در پایه سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه افزایش می‌یابد و سپس یا افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و به موازات آن نیز غلظت پتاسیم ساقه با افزایش دما از ۱۰تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه کاهش می‌یابد. همان طور که در نمودار(۴-۱۵)نشان داده شده است غلظت پتاسیم ساقه در دمای ۱۰و ۱۵درجه سانتی‌گراد در پایه بادامی‌زرند بیشتر از پایه قزوینی و در پایه قزوینی نیز بیشتر از پایه سرخسی است و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز در پایه های بادامی زرند و سرخسی بیشتر از قزوینی است اما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت پتاسیم ساقه در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های بادامی زرند و سرخسی است و سرعت جذب پتاسیم ریشه در پایه بادامی زرند در دمای ۲۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دو پایه دیگر بود و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز

سرعت جذب پتاسیم ریشه در این پایه کمتر از پایه های سرخسی و قزوینی بود و سرعت جذب پتاسیم ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در پایه سرخسی بیشتر از پایه‌های قزوینی و بادامی زرند است. نتایج در ارتباط با غلظت کلسیم برگ مشخص نمود که با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم برگ افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم در برگ پایه‌های پسته کاهش یافت اما غلظت کلسیم ریشه نیز با افزایش دما افزایش پیدا کرد. نتایج حاصل از سرعت جذب عناصر غذایی توسط ریشه پایه‌های پسته نشان داد که سرعت جذب کلسیم ریشه نیز در دماهای بالا بیشتر از دماهای پایین است و همین امر سبب افزایش غلظت کلسیم ریشه با افزایش دما شده است هم چنین سرعت انتقال کلسیم در پایه‌های پسته در دمای ۲۰ و ۱۵درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. آدامز و هو[1]در سال (۱۹۹۳) گزارش کردند که جذب یون‌های کلسیم با افزایش دمای ریشه تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد آنها بیان کردند غلظت کاتیون ها در ریشه به خصوص یون کلسیم اساسا به وسیله فعالیت آنزیم ATPase تحت تاثیر دمای خاک قرار می‌گیرد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غلظت کلسیم ساقه و ریشه نشان داد که غلظت کلسیم ریشه در پایه بادامی زرند با افزایش دما از ۱۰به ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و با افزایش دما از ۲۰به ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش یافت اما سرعت جذب کلسیم ریشه در این پایه با افزایش دما افزایش پیداکرد و هم چنین غلظت کلسیم ساقه در این پایه در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد تقریبا ثابت بود اما با افزایش دما از ۱۵ تا۲۵ درجه‌سانتی گراد غلظت کلسیم ساقه نیز افزایش پیدا کرد که این افزایش در غلظت کلسیم ساقه به دلیل مساعد شدن دمای محیط برای رشد اندام‌های هوایی در این پایه می‌باشد به طوری‌که با افزایش سرعت جذب کلسیم ریشه کاهش غلظت کلسیم در ریشه این پایه مشاهده می‌شود. در پایه قزوینی نیز روند تغییرات غلظت کلسیم ریشه با افزایش دما از ۱۰به ۲۵ درجه سانتی‌گراد

1-Adams and Ho

مشابه با روند سرعت جذب کلسیم ریشه این پایه می‌باشد با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ریشه و سرعت جذب کلسیم هر دو در ریشه کاهش می‌یابند و سپس با افزایش دما از ۱۵ تا۲۰ درجه سانتی گراد هم غلظت کلسیم ریشه و هم سرعت جذب آن افزایش می‌یابد اما غلظت کلسیم ساقه در دمای ۱۰ و ۱۵درجه سانتی‌گراد تقریبا ثابت بود و با افزایش دما از ۱۵ به۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و سپس با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی گراد غلظت کلسیم ریشه در این پایه کاهش یافت. در پایه سرخسی نیز با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ریشه در این پایه کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ریشه نیز در این پایه افزایش یافت و سرعت جذب کلسیم ریشه این پایه نیز با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب کلسیم ریشه در این پایه افزایش یافت در مورد غلظت کلسیم ساقه در این پایه نیز با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت کلسیم ساقه تقریبا ثابت بود افزایش سرعت جذب کلسیم در ریشه در دماهای بالا و کاهش تقاضای کلسیم توسط اندام‌های هوایی این پایه در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد با توجه به ثابت بودن مقدار کلسیم ساقه در این پایه مجموع سبب افزایش غلظت کلسیم ریشه در این پایه در دماهای بالا گردید. همان طور که در نمودارهای(۴-۱۶) و (۴-۱۷) نشان داده شده است غلظت کلسیم ساقه در دمای ۲۰۱۵،۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در پایه سرخسی نسبت به پایه های بادامی زرند و قزوینی بیشتر بود و بیشترین غلظت کلسیم ریشه در دماهای پایین در پایه قزوینی در مقایسه با پایه های سرخسی و بادامی زرند بود البته غلظت کلسیم ریشه در پایه بادامی زرند در دمای ۱۵درجه سانتی‌گراد با غلظت پایه قزوینی در این دما برابر بود و بیشترین غلظت کلسیم ریشه در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در پایه سرخسی و قزوینی حاصل شد و بیشترین سرعت جذب کلسیم ریشه در دماهای پایین (۱۵ ،۱۰) مربوط به پایه قزوینی است و بیشترین سرعت

جذب کلسیم ریشه در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد به ترتیب در پایه قزوینی و سرخسی حاصل شد. نتایج نشان داد با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم در برگ دانهال‌های پسته کاهش یافت و غلظت منیزیم ساقه نیز در پایه‌های پسته با افزایش دما کاهش یافت. سرعت جذب منیزیم توسط ریشه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دمای ۱۰ و در دمای ۱۵ نیز جذب بیشتر از دماهای دیگر بود همین امر ممکن است سبب افزایش غلظت منیزیم در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در برگ نسبت به دماهای دیگر باشد. در رابطه با سرعت انتقال منیزیم نتایج نشان می‌دهد که سرعت انتقال منیزیم در دماهای ۱۰و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است کاهش غلظت منیزیم برگ با افزایش دما به دلیل افزایش سرعت رشد می‌باشد و با توجه به اینکه عنصر منیزیم یکی از عناصر سازنده کلروفیل در برگ می‌باشد مصرف منیزیم در ساخت کلروفیل برگ‌های جدید سبب کاهش غلظت آن با افزایش دما در برگ شد. گوسلین و تروندل[1] (۱۹۸۶) مشاهده کردند که با افزایش دمای منطقه ریشه از ۱۲ به ۳۶ درجه سانتی گراد غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم در برگ‌های فلفل افزایش می‌یابد در حالی که غلظت منیزیم و کلسیم در برگ‌های فلفل با افزایش دما کاهش می یابد که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما بر غاظت منیزیم ریشه نشان داد در پایه بادامی زرند با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم ریشه کاهش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم ریشه در این پایه نیز افزایش یافت و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد به طور مجدد غلظت منیزیم ریشه در این پایه کاهش یافت اما سرعت جذب منیزیم ریشه در این پایه با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و با افزایش دما از ۱۵ تا۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و هم چنین روند سرعت انتقال منیزیم درگیاه و سرعت جذب منیزیم گیاه با روند سرعت جذب منیزیم ریشه مشابه بود علت کاهش

1-Gosselin and Trudel

غلظت منیزیم ریشه در پایه بادامی زرند از دمای ۲۰به ۲۵ درجه را می‌توان به افزایش سرعت انتقال منیزیم و هم چنین به افزایش سرعت جذب منیزیم توسط گیاه نسبت داد که با افزایش، در سرعت جذب منیزیم ریشه نیز جبران نمی‌شود در پایه سرخسی نیز غلظت منیزیم ریشه با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم ریشه به شدت در این دما کاهش یافته است و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دوباره افزایش می‌یابد و سرعت جذب منیزیم ریشه نیز در پایه سرخسی با افزایش دما کاهش یافت هم چنین سرعت انتقال منیزیم در پایه سرخسی با افزایش دما کاهش یافت و سرعت جذب منیزیم توسط گیاه با افزایش دما تا۲۰ درجه سانتی‌گراد در این پایه افزایش و سپس با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و با کاهش انتقال منیزیم در گیاه در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد به تبع آن سرعت جذب منیزیم به دلیل کاهش آن در محل‌های مصرف (برگ ها و ساقه ها) سرعت جذب منیزیم درگیاه کاهش یافته و سبب افزایش غلظت آن در ریشه می‌شود در پایه قزوینی نیز غلظت منیزیم ریشه همانند پایه سرخسی با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی گراد کاهش می‌یابد و با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد غلظت منیزیم ریشه افزایش می‌یابد و روند سرعت انتقال منیزیم در دانهال های پایه قزوینی با روند سرعت جذب منیزیم ریشه و غلظت منیزیم در ریشه مشابه بود درحالی‌که سرعت جذب منیزیم توسط گیاه با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی گراد کاهش یافته و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم توسط دانهال های پسته افزایش یافت و با افزایش دما به ۲۵ درحه سانتی گراد مجددا جذب منیزیم در دانهال های پسته کاهش یافت می توان گفت در پایه قزوینی بین افزایش دما با سزعت جذب منیزیم در گیاه رابطه معکوس و با غلظت منیزیم در ریشه و انتقال آن در گیاه رابطه مستقیمی وجود دارد. همان طور که در نمودار ۴-۱۸ نشان داده شده است در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین غلظت منیزیم ریشه به ترتیب در پایه بادامی‌زرند، قزوینی و

سرخسی حاصل شد و غلظت منیزیم ریشه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در پایه سرخسی بیشتر از پایه‌های قزوینی و بادامی‌زرند بود و در دمای ۲۰و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین غلظت منیزیم ریشه به ترتیب در پایه های بادامی زرند و قزوینی حاصل شد و بیشترین سرعت جذب منیزیم ریشه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به پایه قزوینی است و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم ریشه پایه سرخسی بیشتر بود و در دماهای ۲۰و ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب منیزیم ریشه پایه بادامی زرند بیشتر از پایه‌های قزوینی و سرخسی بود سرعت انتقال منیزیم درگیاه در پایه بادامی‌زرند در دمای ۱۰ ،۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از پایه های قزوینی و سرخسی بود و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال منیزیم در گیاه در پایه سرخسی بیشتر از دو پایه دیگر بود و سرعت جذب منیزیم گیاه نیز در پایه بادامی‌زرند در دماهای ۱۰،۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد بیشتر از دو پایه دیگر بود ودر دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز کمترین مقدار را نسبت به پایه‌های سرخسی و قزوینی در این دما داشت

تین دال و همکاران [1]در سال(۱۹۹۰) گزارش کردند که روند تغییرات غلظت عناصر غذایی نیترات آمونیوم، فسفر، پتاسیم، منیزیم و مس در گوجه فرنگی با افزایش دما تا دمای بهینه ناحیه ریشه افزایش و سپس با افزایش بیشتر دما نسبت به دمای بهینه غلظت عناصر غذایی ذکر شده کاهش یافت به طوری که ماکزیمم جذب این یون‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ناحیه ریشه رخ داده است.

با بررسی اثرات متقابل پایه و دما بر سرعت جذب ریشه مشخص شد ماکزیمم جذب پتاسیم، فسفر و نیتروژن در پایه سرخسی ۲۰ درجه سانتی‌گراد است به‌طوری‌که با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد جذب این یون‌ها توسط ریشه پایه سرخسی افزایش می یابد اما با افزایش بیشتر دما از ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جذب پتاسیم، فسفر و نیتروژن ریشه پایه سرخسی کاسته می‌شود این شواهد نشان می‌دهد که ظرفیت جذب پتاسیم، فسفر و نیتروژن ریشه پایه سرخسی با دما ارتباط دارد پیش از

1-Tindall *et al*

این ثابت شده است که جذب یون PO_4^{-3} توسط *Eriophorum vaginatum* با بالا رفتن دمای خاک از ۵ به ۱۵ درجه سانتی گراد افزایش می‌یابد اما از این به بعد با افزایش بیشتر دما جذب فسفات کاهش می یابد(BassiriRad *et al*, 1996.). روند انتقال عناصر غذایی ، نیتروژن و فسفر با افزایش دمای محیط در پایه‌های پسته مشابه یکدیگر بود به طوری‌که با افزایش دما از ۱۰به ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت انتقال عناصر فسفر و نیتروژن تقریبا یکسان بود در حالی که با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد انتقال این عناصر غذایی در پایه های پسته کاهش یافت که این کاهش به موازات کاهش در سرعت جذب این عناصر غذایی توسط ریشه در دماهای ذکر شده اتفاق افتاده است . باربر و همکاران [1]در سال(۱۹۸۹) بیان کردند بارزترین و مهم‌ترین تاثیر دمای خاک روی آب خاک افزایش سرعت و عمق تبخیر با افزایش دمای خاک بویژه در مواقعی است که است که تهیه آب با محدودیت همراه است به نظر می رسد با افزایش دما سرعت تبخیر آب از سطح خاک افزایش یافته و به سبب کاهش میزان آب سرعت انتقال عناصر غذایی توسط جریان توده‌ای و انتشار نیز کاهش یابد و سبب کاهش غلظت عناصر غذایی در ناحیه ریشه و کاهش جذب آن توسط گیاه می‌شود. و هم چنین روند انتقال عناصر سدیم وپتاسیم و منیزیم نیز در دماهای مورد بررسی مشابه یکدیگر بودند به طوری‌که با افزایش دما از ۱۰به۱۵ درجه سانتی گراد انتقال این عناصر افزایش یافت در حالی که با افزایش دما از ۱۵به ۲۵ درجه سانتی گراد انتقال این عناصر در پایه‌های پسته کاهش یافت نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سرعت جذب نیتروژن و فسفر توسط دانهال‌های پسته تحت تاثیر تیمارهای دمایی قرار نگرفته است و هم چنین سرعت جذب کلسیم و سدیم گیاه در دماهای بالا بیشتر از دماهای پایین بود و سرعت جذب منیزیم و پتاسیم در دانهال های پسته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دماهای دیگر مورد بررسی بود و هم چنین در ارتباط با پایه ها مشخص شد که سرعت انتقال عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم، سدیم، نیتروژن در پایه قزوینی بیشتر از

1-Barber *et al*

دو پایه دیگر است وهم چنین سرعت جذب نیتروژن پتاسیم کلسیم منیزیم و فسفر در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه های قزوینی و سرخسی است.

نتیجه گیری کلی :

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش دما از ۱۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به‌خصوص دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش رشد رویشی و بهبود پارامترهای فیزیولوژیکی مثل افزایش سطح برگ افزایش غلظت کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در پایه‌های پسته گردیده است و نتایج اثرات متقابل بر صفات رویشی و فیزیولوژیکی نشان دادکه پایه بادامی‌زرند در مقایسه با دو پایه دیگر بیشترین وزن تر ریشه ، هدایت روزنه‌ای وغلظت کلروفیل را در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد داشت و در بین پایه‌ها پایه سرخسی بیشترین تعداد برگ و میزان هدایت روزنه‌ای را در دماهای بالا داشت و پایه قزوینی نیز بالاترین میزان آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل را در دماهای بالا مورد بررسی(۲۰،۲۵) داشت و در بین پایه‌ها نیز از نظر صفات رویشی و فیزیولوژیکی اختلافات معنی‌داری وجود داشت و پایه بادامی زرند از نظر اکثر صفات از دو پایه دیگر برتر بود و در رابطه با جذب عناصر غذایی پر مصرف و سرعت انتقال آن در دماهای مورد بررسی نتایج آزمایش نشان داد که سرعت جذب فسفر و نیتروژن و پتاسیم توسط ریشه در دماهای پایین مورد بررسی بیشتر از دماهای بالا بود یا به عبارتی با افزایش دما سرعت جذب فسفر و نیتروژن در دانهال های پسته کاهش یافت به طوریکه بیشترین میزان غلظت این عناصر در ریشه دانهال‌های پسته در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد به دست آمد و هم چنین در بین پایه های مورد بررسی نیز غلظت نیتروژن و فسفر ریشه در دماهای پایین در پایه های بادامی زرند و قزوینی بیشتر از پایه سرخسی بود سرعت جذب سدیم در ریشه تحت تاثیر تیمارهای دمایی قرار نگرفت در حالی که سرعت جذب اکثر عناصر غذایی در ریشه تحت تاثیر تیمارهای دمایی مورد بررسی قرار گرفتند به طوری که سرعت جذب کلسیم توسط ریشه با افزایش دما افزایش پیدا کرد و هم چنین سرعت جذب منیزیم نیز تا دمای ۲۰ درجه سانتی گراد افزایش

یافته و سپس با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش یافت و هم چنین سرعت انتقال منیزیم تحت تاثیر اثرات متقابل دما و پایه قرار گرفت و سرعت انتقال منیزیم درپایه بادامی زرند در دمای ۱۰ و ۲۵ و درجه سانتیگراد بیشتر از پایه های قزوینی و سرخسی بود و در پایه های قزوینی و سرخسی تقریبا با هم برابر بود و و در حالی که سرعت انتقال منیزیم با افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت و سپس با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش یافت و این روند در سرعت انتقال نیتروژن فسفر و سدیم و پتاسیم نیز با افزایش دما دیده می شود و هم چنین سرعت جذب منیزیم، کلسیم، پتاسیم فسفر و نیتروژن ریشه نیز تحت تاثیر اثرات متقابل پایه و دما قرار گرفت و میزان جذب عناصر پتاسیم و منیزیم در دمای ۱۰ درجه ساتنی گراد در پایه بادامی زرند بیشتر از پایه های سرخسی وقزوینی بود و میزان جذب کلسیم در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد در پایه های قزوینی و سرخسی بیشتر از پایه بادامی زرند بود و میزان جذب نیتروژن ریشه در پایه های بادامی زرند و قزوینی در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد بیشتر از پایه سرخسی بود و سرعت جذب عناصر فسفر و نیتروژن و پتاسیم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در پایه سرخسی کمتر از پایه های قزوینی و بادامی زرند بود و سرعت جذب کلسیم ریشه در این پایه در دمای۲۵ درجه سانتی گراد بیشتر از پایه های بادامی زرند و قزوینی بود.

پیشنهادات

۱. بررسی تاثیر دماهای پایین تر و بالاتر از دماهای مورد بررسی دراین آزمایش جهت تعیین دمای بهینه محیط جهت جذب عناصر غذایی پرمصرف در پایه‌های پسته.

۲. بررسی تاثیر دماهای پایین خاک بر جذب عناصر غذایی کم مصرف در پایه های پسته به دلیل کمبود مشاهده شده این عناصر در درختان پسته در اوایل فصل رشد.

۳. بررسی تاثیر دمای خاک بر مورفولوژی و بقا ریشه‌های نازک و ظریف و حجم انتقال مواد غذایی در آنها چراکه ریشه های نازک و ظریف اهمیت بیشتری در جذب عناصر غذایی در خاک دارند تا نسبت به ریشه های ضخیم که بیشتر به عنوان تکیه‌گاه در گیاه عمل می‌کنند.

۴. برررسی تاثیر دمای خاک بر جذب عناصر غذایی در طیف گسترده ای از گونه‌های پسته و گونه های باغی دیگر برای تعیین مکانیسم عمل تغییر میزان جذب عناصر غذایی با افزایش یا کاهش دمای خاک.

۵. بررسی تاثیر دمای خاک بر میزان تثبیت نیتروژن در خاک به خصوص در مناطقی که بخش اعظمی از نیتروژن مورد استفاده آن به واسطه تثبیت شدن از دسترس گیاهان خارج می‌شود.

۶. بررسی تاثیر دمای خاک بر موجودات زنده آن به خصوص میکروارگانیسم هایی که روابط همزیستی با گیاهان دارند به خصوص قارچ های میکوریزا و تاثیری که بر میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌گذارند.

پیوستها

جدول پیوست ۱ همبستگی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پایه های پسته تحت تاثیر تیمارهای دمایی مختلف

صفات	تعداد برگ	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	هدایت روزنه‌ای	میزان سبزینگی	سطح برگ	میزان نسبی آب برگ	نسبت اندام هوایی به ریشه
تعداد برگ	۱													
طول ساقه	۰/۰۰۷	۱												
طول ریشه	۰/۰۲۴	۰/۲۴۵	۱											
وزن تر برگ	۰/۲۷۳	۰/۷۶۶**	۰/۲۹۳	۱										
وزن تر ساقه	۰/۱۵	۰/۸۶۳**	۰/۲۰۱	۰/۸۹۷**	۱									
وزن تر ریشه	۰/۱۹۹	۰/۶۱۰**	۰/۲۸۵	۰/۷۵۲**	۰/۷۵۹**	۱								
وزن خشک برگ	۰/۵۱۵**	۰/۶۸۸**	۰/۲۹	۰/۸۳۳**	۰/۷۴۰**	۰/۵۸۹**	۱							
وزن خشک ساقه	۰/۲۸۸	۰/۸۹۱**	۰/۱۴۸	۰/۸۴۲**	۰/۹۲۶**	۰/۷۳۰**	۰/۸۱۱**	۱						
وزن خشک ریشه	۰/۴۴۳**	۰/۵۰۸**	۰/۳۷۸*	۰/۷۵۷**	۰/۶۹۲**	۰/۶۷۵**	۰/۷۶۷**	۰/۷۲۱**	۱					
هدایت روزنه ای	۰/۴۷۶**	۰/۱۴۹	-۰/۳۰۷	۰/۲۷	۰/۲۹۶	۰/۲۷	۰/۴۰۷*	۰/۴۳۵**	۰/۳۵۶*	۱				
میزان سبزینگی	۰/۲۹۸	۰/۲۹۷	۰/۱۳۱	۰/۵۱۶**	۰/۴۸۴**	۰/۳۴۵*	۰/۵۸۸**	۰/۴۵۷**	۰/۵۴۲**	۰/۲۶۱	۱			
سطح برگ	۰/۳۸۷*	۰/۶۵۶**	۰/۴۳۸**	۰/۸۴۳**	۰/۷۰۲**	۰/۵۹۴**	۰/۸۳۱**	۰/۷۱۷**	۰/۷۸۸**	۰/۱۱۶	۰/۴۹۶**	۱		
میزان نسبی آب برگ	۰/۳۸۹*	۰/۱۵	۰/۳	۰/۳۳۷*	۰/۲۰۵	۰/۲۳۹	۰/۴۶۰**	۰/۲۵۳	۰/۴۱۲*	۰/۲۶۲	۰/۲۹۸	۰/۴۰۷*	۱	
نسبت اندام هوایی به ریشه	۰/۰۲۲	۰/۶۲۵**	-۰/۱۴۲	۰/۳۷۱*	۰/۴۴۹**	۰/۱۹۹	۰/۴۵۰**	۰/۵۳۸**	-۰/۱۱۴	۰/۲۰۴	۰/۱۵۱	۰/۲۵۳	۰/۰۲۲	۱

**،* به ترتیب معنی دار در سطح یک و پنج درصد

منابع مورد استفاده:

ابریشمی، م .ح .۱۳۷۳. شناخت تاریخی پسته ایران. مرکز نشر دانشگاهی. تهران، ۶۵۷صفحه.

اسماعیل‌پور، ع .۱۳۷۳. اثرهرس‌های مکانیکی و شیمیایی بر روی رشد رویشی شاخساره های پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد باغبانی دانشکده کشاورزی شیراز، ۱۴۰ صفحه.

اسماعیل پور ، علی ، بهمن پناهی ، حسین فریور مهین ، فرزاد فربود و منصور مؤذن کرمانی . پسته (۲) . ۱۳۸۰ . نشر آموزش کشاورزی

امامی، ع .۱۳۷۵ . روش های تجزیه گیاه .جلد اول، انتشارات سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی، ۱۲۸ ص

پناهی، ب.، اسماعیل پور، ع. و تاج‌آبادی پور ، ع. ۱۳۷۹. راهنمای کاشت، داشت و برداشت پسته، انتشارات سازمان تحقیقات آموزش ترویج کشاورزی، ۲۲۵ صفحه.

شیبانی، الف، فریور مهین، ح و وطن‌پور ازقندی، ع (۱۳۷۳). پسته و تولید آن در ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات پسته ایران، ۶۱صفحه.

شریعتی،م، مددکار حق جو،م. ۱۳۸۳. فیزیولوژی گیاهی جذب و انتقال مواد از خلال غشاء. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۲۳۶ صفحه

عزیزی، خ.امینی دهقی، م.، حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۳. تاثیر دماهای مختلف هوا و منطقه ریشه بر رشد و نمو سه گونه یونجه یکساله. نشریه پژوهش و سازندگی. شماره۶۴. صفحه ۵۸ تا ۶۶

غازان شاهی ج، ۱۳۷۶ . آنالیز خاک و گیاه .انتشارات هما تهران. ۳۱۱ صفحه

کوچکی، ع. زند، ا. بنایان اول ،م. رضوانی مقدم، پ. مهدوی دامغانی، ع. جامی احمدی،م .وصال، س، ۱۳۸۴. اکوفیزیولوژیکی گیاهی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۴۵ صفحه

Adams, p. and L.C.Ho. (1993), Effects of environment of the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossome end root Plant soil. 154:127-132

Andersen, C.P., E.I. Sucoff and R.K. Dixon(1986), Effects of root zone temperature on root initiation and elongation in red pine seedlings.Can. J. For. Res. 16:696–700.

Atkin RK, Barton GE, Robinson DK (1973) Effect of root-growing temperature on growth substances in xylem exudates of *Zea mays*. J Exp Bot 24:475–487

Atkin OK, Edwards EJ, Loveys BR (2000) Response of root respiration to changes in temperature and its relevance to global warming.New Phytol 147:141–154

Barber SA,Mackay AD, Kuchenbuch RO, Barraclough PB (1989) Effects of soil temperature and water on maize root growth. Dev Plant Soil Sci 36:231–233

Barraclough, P.B., and Kate, J. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter reading in wheat. Plant Nutrition, 54: 722-723.

Bartholomew P.W., Williams R.D. (2005): Cool-season grass development response to accumulated temperature under a range of temperature regimes. Crop Science, *45*: 529–534.

BassiriRad H (2000) Kinetics of nutrient uptake by roots: responses to global change. New Phytol 147:155–169

BassiriRad H, Caldwell MM,Bilbrough C (1993) Effects of soil temperature and nitrogen status on kinetics of 15NO3 ¯ uptake by roots of field-grown *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.New Phytol 123:485–489

BassiriRad H, Tissue DT, Reynolds JF, Chapin FS III (1996) Response of *Eriophorum vaginatum* to CO2 enrichment at different soil temperatures: effects on growth, root respiration and PO4 3– uptake kinetics.New Phytol 133:423–430

Bennie ATP (1991) Growth and mechanical impedance. In:Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half.Marcel Dekker,New York, pp 393–414

BosHJ, Neuteboom JH (**1998)** Morphological analysis of leaf and tiller number dynamics of wheat (*Triticum aestivum* L.): response to temperature and light intensity. Annals of Botany 81: 131–139.

Bowen GD (1991) Soil temperature, root growth, and plant function. In:Waisel Y, Eshel

A,Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half.Marcel Dekker,New York, pp 309–330

Brady NC (1990) The nature and properties of soils, 10th edn.MacMillan,New York

Bristow KL, Campbell GS, Papendick RI, Elliot LF (1986) Simulation of heat and moisture transfer through a surface residue-soil system.Agric For Meteorol 36:193–214

Brown TL, LeMay HE Jr (1981) Chemistry: the central science. Prentice-Hall, Englewood Cliffs Burke IC (1989) Control of nitrogen mineralization in a sagebrush steppe landscape. Ecology 70:1115–1126

Cao W., Moss D.N. (1989): Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. Crop Science, *29*: 1018–1021

Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant root system. Agronomy J. 68:961-964.

Chapin FS III, Van Cleve K, Tryon PR (1986) Relationship of ion absorption to growth rate in taiga trees. Oecologia 69:238–242

Chapin FS III (1974a) Morphological and physiological mechanisms of temperature compensation in phosphate absorption along a latitudinal gradient. Ecology 55:1180–1198,

Clarkson DT (1996) Root structure and sites of ion uptake. In:Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half, 2nd edn.Marcel Dekker,New York, pp 483–510Plant Physiol 36:77–115

Clarkson DT (1985) Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. Annu Rev

Clarkson DT, Earnshaw MJ,White PJ,Cooper HD (1988) Temperature dependent factors
influencing nutrient uptake: an analysis of responses at different levels of organization.In: Long SP,Woodward FI (eds) Plants and temperature. Symp 42, Society for Experimental Biology, Cambridge, pp 281–330

Colmer TD, Bloom AJ (1998) A comparison of $NH4^{+}$ and $NO3^{-}$ net fluxes along roots ofrice and maize. Plant Cell Environ 21:240–246

Cooper AJ (1973) Root temperature and plant growth – a review.Res Rev no 4,Common wealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, England

Crane, J. C. and Iwakiri, B.T. (1981). Morphology and reproduction of pistachio. Hort. Rev. **3**: 376-93

Crane, J.C. (1985) *"Pistachio In CRC Handbook of Fruitset and Development"*. CRC press. 389- 399.

Crane, J. C. (1986). Pistachio: In CRC handbook of fruit set and development. CRC Press in Boca Roton Florida, pp 389-99

Day TA,Heckathorn SA, Delucia EH (1991) Limitations of photosynthesis in *Pinus taeda* L. (loblolly pine) at low soil temperatures. Plant Physiol 96:1246–1254

DeLucia EH (1986) Effect of low root temperature on net photosynthesis, stomatal conductance and carbohydrate concentration in Engelmann spruce (Picea engelmannii Parry ex Engelm.) seedlings. Tree Physiol 2: 143-154

Domisch T, Finér L, Lehto T (2001) Effects of soil temperature on biomass and carbohydrate allocation in Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings at the beginning of the growing season. Tree Physiol 21:465–472

Eissenstat DM (1992) Costs and benefits of constructing roots of small diameter. J Plant Nutr 15:763–782

Ericsson, T., L. Rytter and E. Vapaavuori. 1996. Physiology of carbon allocation in trees. Biomass Bioenergy 11:115–127.

Falah, M. A. F.; Wajima, T.; Yasutake, D.; Sago, Y. & Kitano, M. (2010). Responses of Root Uptake to High Temperature of Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Soil-less Culture. *Journal of Agricultural Technology*, Vol.6, No.3, (Jul 2010), pp. 543- 558, ISSN 1686-9141

Feng Y, Li X, Boersma L (1990) The Arrhenius equation as a model for explaining plant responses to temperature and water stresses. Ann Bot 66:237–244

Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3-plants:Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany, 183: 183-189

Fisk MC, Schmidt SK (1995) Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. Soil Sci Soc Am J 59:1036–1043

Fitter A (1996) Characteristics and functions of root systems. In: Waisel Y, Eshel A,

Forbes PJ, Black KE,Hooker JE (1997) Temperature-induced alteration to root longevity in *Lolium perenne*. Plant Soil 190:87–90 Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half, 2nd edn. Marcel Dekker, New York, pp1–20

Gliński J, Lipiec J (1990) Soil physical conditions and plant roots.CRC Press, Boca Raton

Gosselin A, Trudel MJ (1986) Root-zone temperature effects on pepper. J Am Soc Hortic

Sci 111:220–224

Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1986. Root zone temperature effects on pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:220-224.

Gur, A, Mizrahi, Y. and Samish, RM. (1976). The influence of root temperature on appl trees. II.Clonal differences in susceptibility to damage caused by supraoptimal root temperature. *J. Hortic.Sci.* 51, 195-202.

Hagan, R. M (1952). Temperature and growth processes, pp. 336-366. IN; B. T. Shaw (ed.) Soil physical conditions and plant growth. Academic Press Inc., New York, NY.

Hanks RJ,Ashcroft GL (1980) Applied soil physics. Springer,Berlin Heidelberg New York

He, J.X., Wang, J., and Liang, H.G. 1995. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves. Plant Physiology, 93: 771-777.

Hay R.K.M., Wilson G.T. (1982): Leaf appearance and extension in field- grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. Journal of Agricultural Science, *99*: 403–410

Hendrick RL, Pregitzer KS (1993) Patterns of fine root mortality in two sugar maple forests.Nature 361:59–61

Hillel D (1998) Environmental soil physics.Academic Press, San Diego

Hood MH, Mills HA(1994). Root zone temperature affects nutrient uptake and growth of snapdragon. J Plant Nutr, 17: 279-91.

Huang BR, Xu QZ(2000). Root growth and nutrient element status of creeping bentgrass cultivars differing in heat tolerance as influenced by supraoptimal shoot and root temperatures. J Plant Nutrn, 23: 979-90.

Ibrahim M. Yusof, David W. Buchanan, and John F. Gerberand John F.Gerber(1969) The Response of Avocado and Mango to Soil Temperature J. Amer. Soc. Hort Sci. (6):619-621

Johnson IR,Thornley JHM (1985) Temperature dependence of plant and crop processesAnn Bot 55:1–24

Johnson, I.R. 1990. Plant respiration in relation to growth, maintenance, ion uptake and nitrogen assimilation. Plant, Cell, and Environment 13:319-328.

Joslin JD,Wolfe MH (1993) Temperature increase accelerates nitrate release from highelevation

red spruce soils. Can J For Res 23:756–759

Jungk AO (1996) Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In:Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half, 2nd edn. Marcel Dekker, New York, pp 529–556

Jury WA, Gardner WR, Gardner WH (1991) Soil physics, 5th edn.Wiley,New York

Kaspar TC, Bland WL (1992) Soil temperature and root growth. Soil Sci 154:290–299

Kelly JM (1993) Temperature affects solution-phase nutrient concentrations and subsequent calculations of supply parameters. Soil Sci Soc Am J 57:527–531

Kicheva, M.L., Tsonev, T.D., and Popova, L.P. 1994. Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica, 30: 107-116

King JS, Thomas RB, Strain BR (1996) Growth and carbon accumulation in root systems of *Pinus taeda* and *Pinus ponderosa* seedlings as affected by varying CO2, temperature and nitrogen. Tree Physiol 16:635–642

Kimberly A. Klock, Henry G. Taber, and William R. Graves(1996) Growth and phosphorus, zinc, and manganese content of tomato, muskmelon, and honey locust at high root-zone temperatures. Journal of Plant Nutrition 19:795-806

Kirby E.J.M. (1995): Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. Crop Science, *35*: 11–19.

Klock KA, Taber HG, Graves WR. Root respiration and phosphorus utrition of tomato plant growth at 36□ C root zone temperature.J Am Soc Hortic Sci 1997; 122(2): 175-8.

Kramer PJ,Boyer JS (1995) Water relations of plants and soils.Academic Press, San Diego

Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants.2nd Edn. Academic Press, San Diego, 411 p.

Kuhns MR, Garret HE,Teskey RO,Hinckley TM (1985) Root growth of black walnut trees related to soil temperature, soil water potential, and leaf water potential. For Sci 31:617–629

Kuroda, M., Qzawa T., and Imagawa, H. 1990. Changes in chloroplast peroxidase activity in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Plant Physiology. 80: 555-560.

Lahti M, Aphalo P, Fin_er L, Ryypp€o A, Lehto T, Mannerkoski H. 2005. Effects of soil temperature on shoot and root growth and nutrient uptake of 5-year-old Norway spruce seedlings. Tree Physiology 25: 115–122.

Landhusser SM,Wein RW,Lange P (1996) Gas exchange and growth of three arctic treeline tree species under different soil temperature and drought preconditioningregimes. Can J Bot 74:686–693

Larcher W (1995) Plant physiological ecology. Springer, Berlin Heidelberg New York

Leirs MC, Trasar-Cepeda C, Seoane S, Gil-Sotres F (1999) Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture. Soil Biol Biochem 31:327–335

Lingle, J.C. and R.M. Davis(1959), The influence of soil temperature and phosphorus fertilization on the growth and mineral absorption of tomato seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 73:312-322.

Locasico, S.J. and G.F. Warren(1960), Interaction of soil temperature and phosphorus on growth of tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 75:601-610.

Lopushinsky, W. and T.A. Max(1990), Effect of soil temperature on root and shoot growth and on budburst timing in conifer seedling transplant. New For. 4:107–124.

Luo HY, Lee SK, He J (2009) Integrated effects of root-zone temperatures and phosphorous levels on aeroponically-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the tropics. The Open Horticulture Journal 2:6-12

Lyr H,Hoffmann G (1967) Growth rates and growth periodicity of tree roots. Int Rev For Res 2:181–236

Lyr, H. and G. Hoffman. 1967. Growth rates and periodicity of tree roots. *In* International Review of Forest Research, Vol. 2. Eds. J.A. Romberger and P. Mikola. Academic Press, New York, pp 181–236.

Markhart AH, Fiscus EL, Naylor AW, Kramer PJ (1980) Low temperature acclimation of root fatty acid composition, leaf water potential, gas exchange and growth of soybean seedlings. Plant Cell Environ 3:435–441

Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. Academic Press, London

MacDuff JH,Wild A, Hopper MJ, Dhanoa MS (1986) Effects of temperature on parameters of root growth relevant to nutrient uptake: measurements on oilseed rape and barley grown in flowing nutrient solution. Plant Soil 94:321–332

MacDuff JH, Jarvis SC, Cockburn JE (1994) Acclimation of NO3– fluxes to low root temperature by *Brassica napus* in relation to NO3– supply. J Exp Bot 45:1045–1056

McHale PJ, Mitchell MJ, Bowles FP (1998) Soil warming in a northern hardwood forest: trace gas fluxes and leaf litter decomposition. Can J For Res 28:1365–1372

McMichael BL, Burke JJ (1996) Temperature effects on root growth. In:Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half, 2nd edn. Marcel Dekker, New York, pp 383–396

McMichael BL, Burke JJ (1998) Soil temperature and root growth.Hortic Sci 33:947–951

McMaster G.S., Wilhelm W.W., Palic D.B., Porter J.R., Jamieson P.D. (2003): Spring wheat leaf appearance and temperature: extending the paradigm? Annals of Botany, *91*: 697–705.

Miyasaka SC, Grunes DL (1990) Root temperature and calcium level effects on winter wheat forage. I. Shoot and root growth.Agron J 82:236–242

Nichols DS (1998) Temperature of upland and peatland soils in a north central Minnesota forest. Can J Soil Sci 78:493–509

Nightingale, G.T. and Blake, M.A. (1934). Effect of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple trees. *N. Jersey Agric. Exp. Sta., Bull. 566.*

Nissen P (1996) Uptake mechanisms. In:Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds) Plant roots: the hidden half, 2nd edn.Marcel Dekker,New York, pp 511–527

Nobel PS (1989) Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil depths-consequences for shallow-rooted desert succulents, including nurse plant effects. Am J Bot 76:1486–1492

Olson JS (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology 44:322–331

Osmond DL,Wilson RF, Raper CD Jr (1982) Fatty acid composition and nitrate uptake of soybean roots during acclimation to low temperature. Plant Physiol 70:1689–1693

Pallez DV, Bó RM, Elia OR (1992) Emergence and seedling survival of caldén in the semiarid region of Argentina. J Range Manage 45:564–568

Paul EA, Clark FE (1996) Soil microbiology and biochemistry, 2nd edn.Academic Press, San Diego

Paul EA, Clark FE (1996) Soil microbiology and biochemistry, 2nd edn.Academic Press, San Diego

Pelletier F, Prévost D, Laliberté, van Bochove E (1999) Seasonal response of denitrifiers to temperature in a Quebec cropped soil. Can J Soil Sci 79:551–556

Petrie, A.K.H(1927), The effect of temperature on the unequal intake of the ions of salts by plants. Australian J. Exp. Biol. Med. Sci. 4:169 186

Pessarkli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekkor Inc.

Peterjohn WT, Melillo JM, Steudler PA, Newkirk KM, Bowles FP, Aber JD (1994) Responses of trace gas fluxes and N availability to experimentally elevated soil temperatures. Ecol Appl 4:617–625

Powers RF (1990) Nitrogen mineralization along an altitudinal gradient: Interactions of soil temperature,moisture, and substrate quality. For Ecol Manage 30:19–29

Pregitzer KS,Hendrick RL, Fogel R (1993) The demography of fine roots in response to patches of water and nitrogen.New Phytol 125:575–580

Pregitzer KS,Kubiske ME,Yu CK,Hendrick RL (1997) Relationships among root branch order, carbon, and nitrogen in four temperate species. Oecologia 111:302–308

Pregitzer KS, Laskowski MJ, Burton AJ, Lessard VC, Zak DR (1998) Variation in sugar maple root respiration with root diameter and soil depth. Tree Physiol 18:665–670

Pregitzer KS, King JS,Burton AJ,Brown SE (2000) Responses of tree fine roots to temperature.New Phytol 147:105–115

Pregitzer, K.S., J.S. King, A.J. Burton and S.E. Brown. 2000. Responses of tree fine roots to temperature. New Phytol. 147: 105–115.

Pregitzer K.S., King J.S. 2005. Effects of soil temperature on nutrient uptake. p. 277-310 erspective.Springer InH. BassiriRad (ed.) Nutrient acquisition by plants: an ecological Ecological Studies, Volume 181. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Rendig VV, Taylor HM (1989) Principles of soil-plant interrelationships. McGraw-Hill, New York

Ruark GA (1993) Modeling soil temperature effects on *in situ* decomposition rates of fine roots of loblolly pine. For Sci 39:118–129

Ruiz D, Martinez V, Cerda A (1997) Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. Tree Physiol. 17:141-150

Rustad LE, Fernandez IJ (1998) Soil warming: consequences for foliar litter decay in a spruce-fir forest in Maine, USA. Soil Sci Am J 62:1072–1080

Schmidt IK, Jonasson S, Michelsen A (1999) Mineralization and microbial mobilization of N and P in arctic soils in relation to season, temperature and nutrient amendment. Appl Soil Ecol 11:147–160

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., and Mornhinwag, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science. 28:526- 531

Schwarz PA, Fahey TJ, Dawson TE (1997) Seasonal air and soil temperature effects on photosynthesis in red spruce (*Picea rubens*) saplings. Tree Physiol 17:187–194

Sparks DL (1995) Environmental soil chemistry.Academic Press, San Diego

Spiegel-Ray P (1985) *Pistacia* In CRC Handbook of Flowering. Vo.l 40. pp. 87-93 CRC Press
Spiegel-roy, P. (1991). Pistachio . CRC handbook of flowering. CRC press Florida 88-93.

Spittlehouse DL, Stathers RJ (1990) Seedling microclimate. British Columbia Ministry of Forests,Victoria, Land Management Rep no 65

Sposito G (1994) Chemical equilibria and kinetics in soils. Oxford University Press,New York

Stalfelt, M.G. 1956. Die Stomatare Transpiration und die Physiologie der Spaltoffnungen. In Water Relations of Plants. Encyclopedia of Plant Physiol. 111. Ed. W. Ruhland. Springer- crlag. Berlin.

Stark JM, Firestone MK (1996) Kinetic characteristics of ammonium-oxidizer communities
in a California oak woodland-annual grassland. Soil Biol Biochem 28:1307–1317

Strahler AN, Strahler AH (1983) Modern physical geography, 2nd edn.Wiley,New York

Stoltzfus RMB, Taber HG, Aiello AS (1998). Effect of increasing root zone temperature on growth and nutrient uptake by `Gold Star` muskmelon plants. J Plant Nutr 1998; 21(2): 321-8.

Sumrall LB,Roundy BA,Cox JR,Winkel VK (1991) Influence of canopy removal by burning or clipping on emergence of *Eragrostis lehmanniana* seedlings. Int J Wildland Fire 1:35–40

Sword MA, Brissette JC (1993) Effect of root zone temperature and water availability on shortleaf pine lateral root morphology. In: Brissette JC (ed) Proc 7th Biennial Southern Silvicultural Research Conf, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station,New Orleans, pp 377–382

Taiz L, Zeiger E (1991) Plant physiology. Benjamin/Cummings,New York

Takeda, F. Ryugo, K., and Crane, J. C. (1980). Translocation and distribution of 14 C photosynthates in bearing and non-bearing branches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. **105**(5): 642-44

Tamaki M., Kondo S., Itani T., Goto Y. (2002): Temperature responses of leaf emergence and leaf growth in barley. Journal of Agricultural Science, Cambridge, *138*: 17–20.

Tan LP, He J, Lee SK(2002). Effects of Root-Zone Temperature on the Root development and Nutrient Uptake of *Lactuca sativa* L. cv 'Panama' Grown in an Aeroponic System in the Tropics. J Plant Nutr, 25 (2): 297-314.

Teskey RO, Hinckley TM (1981) Influence of temperature and water potential on root growth of white oak. Physiol Plant 52:363–369

Tindall, J. A., H. A. Mills, and D. E. Radcliffe(1990) The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. J. Plant Nutr.13:939-956 .

Tisdale SL,Nelson WL (1975) Soil fertility and fertilizers, 3rd edn.MacMillan,New York
Tryon, P.R. and F.S. Chapin, III. 1983. Temperature control over root growth and root biomass in taiga forest trees. Can. J. For. Res. 13: 827–833.
Turner D. W. and Lahav E (1985) Temperature influences nutrient absorption and uptake rates of bananas grown in controlled environments, Scientia Horticulturae 26(4):311-322

Van Cleve K, Oechel WC, Hom JL (1990) Response of black spruce (*Picea mariana*) ecosystems to soil temperature modification in interior Alaska. Can J For Res 20:1530–1535

Van Cleve K, Tryon PR (1986) Relationship of ion absorption to growth rate in taiga trees. Oecologia 69:238–242

Vapaavuori, E.M., R. Rikala and A. Ryyppö(1992) Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. Tree Physiol. 10:217–230. of durum wheat seedlings (*Triticum durum* L.). Journal of Plant Physiology 2005;162:21-26.

Veselova SV, Farhutdinov RG, Veselov SYu, Kudoyarova GR, Veselov DS, Hartung W (2005) The effect of root cooling on hormone content, leaf conductance and root hydraulic conductivity of durum wheat seedlings (*Triticum durum* L.) Journal of Experimental Botany;162:21–26

Walsh, K. B. and D. B. Layzell (1986) Carbon and nitrogen assimilation and partitioning in soybeans exposed to low root temperatures. Plant Physiol. 80: 249-255.

Wan X, Zwiazek JJ, Lieffers VJ, Landhausser M (2001) Hydraulic conductance in aspen (*Populus tremuloides*) seedlings exposed to low root temperatures. Tree Physiol 21:691–696

Weast RC (1978) CRC handbook of chemistry and physics, 58th edn. CRC Press,West Palm Beach White PJ,Cooke DT,Earnshaw J,Clarkson DT,Burden RS (1990) Does plant growth temperature modulate the membrane composition and ATPase activities of tonoplast and plasma-membrane fractions from rye roots? Phytochemistry 29:3385–3393

White PJ,Cooke DT,Earnshaw J,Clarkson DT,Burden RS (1990) Does plant growth temperature modulate the membrane composition and ATPase activities of tonoplast and plasma-membrane fractions from rye roots? Phytochemistry 29:3385–3393

Williams M, Rastetter EB (1999) Vegetation characteristics and primary productivity along an arctic transect: implications for scaling-up. J Ecol 87:885–898

Wilson CA, Mitchell RJ,Hendricks JJ, Boring LR (1999) Patterns and controls of ecosystem
function in longleaf pine–wiregrass savannas. II. Nitrogen dynamics. Can J For Res 29:752–760

Wong-Chong GM, Loehr RC (1978) Kinetics of microbial nitrite nitrogen oxidation. Water Res 12:605–609

Yamasaki S., Dillenburg L.C (1999) Measurements of Leaf Relative Water Content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 11: 69–75

Yiwei Mo, Guobin Liang, Weiqi Shi and Jianghui Xie (2011) Metabolic responses of alfalfa (*Medicago Sativa* L.)leaves to low and high temperature induced stresses African Journal of Biotechnology Vol. 10(7), pp. 1117-1124, 14

Zhang, F., D. H. Lynch, and D. L. Smith(1995) Impact of low root temperatures on soybean *Glycin max* (L.) Merr. Nodulation and nitrogen fixation. Journal of Environmental and Experimental Botany. 35: 279-285.

Zhang F., Lynch D.H., and Smith D.L(1995), Impact of low root temperatures on soybean *Glycin max* (L.) Merr.Nodulation and nitrogen fixation. Journal of Environmental and Experimental Botany, 35: 279-285.

Study of the effects of enviroment temperature on uptake and movement of some nutrient element on several commercial pistachio rootstocks

Abstract:

In order to evaluate the effect of ambient temperature on the uptake and movement of nutrients in a some commercial pistachio rootstocks a factorial experiment in a completely randomized design (CRD) was carried out with three replications. The first factor was three rootstocks including: Pistacia vera cv. Badamie-zarand, P. vera cv. Ghazvini and P. vera cv. Sarakhsi and second factor was four temperature including : 10, 15, 20 and 25 degrees Celsius . Pistachio seedlings after planting to 15-leaf stage were kept in the greenhouse and then transfer to germinator for applying thermal treatments were for 15 days.The results about physiological and growth parameters showed that there were significant effects between rootstocks and in most of parameters Badamie-e-zarand was the best in compare to the two other rootstocks . Increased in ambient temperature caused increases in dry matter of roots, stems and leaves and leaf area of selected rootstocks. Increased ambient temperature up to C ◦25 positive impact and multiplier on the basis of growth indices studied. The minimum SPAD index was obtained at 10 and 15 ° C and maximum SPAD index was obtained in temperatures of 20 and 25 degrees Celsius respectively. Minimum and maximum stomatal conductance were obtained in Sarakhs rootstocks at 10 and 25 ° C respectively. The concentration of calcium, potassium, nitrogen in stem , concentration of phosphorus, nitrogen, calcium and sodium in the root and phosphorus and nitrogen content in leaves affected by different applied temperature were significant between rootstocks.Results regarding to uptake and transfer rate of nutrients showed uptake rate of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the roots of Sarakhs rootstock was more than of two other rootstocks. Rate of nutrient transferring in Ghazvini rootstock was more than to other rootstocks.Results also revealed that uptake rate of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium by whole plant were most in Badamaie-e-zarand rootstock in compare to the Ghazvini and Sarakhs rootstocks. The results showed that with increasing in ambient temperature, uptake rate of nitrogen, phosphorus and potassium by roots of different rootstocks were decreased while uptake rate of calcium were increased with increasing of ambient temperature. he average temperature in relation to ambient temperature by increasing the absorption rate of nutrients phosphorus, nitrogen and potassium by roots basis of pistachios reduced calcium absorption by the roots, while the rate increased with increasing ambient temperature. Results about magnesium revealed uptake of magnesium firstly increased by increasing the ambient temperature up to the 20 degrees Celsius and then reduced at 25 ° C .Nitrogen, phosphorus, sodium, potassium transferring rate had similar trend with increasing ambient temperature except calcium as with increasing of temperature increases from 10 to 15 ° C trasferng rate were increased, but with increasing of tempreture from 15 up to 25° C trasfering rate of nutrient reduced, however, about calcium with increasing temperature from 20 to 25 ° C calcium trnafring rate increased as well. The trend uptake rate of sodium and calcium by the plant and process changes in absorption rates of potassium and magnesium with increasing temperature in seedlings of pistachios were similar between temperatures measured top speed of absorption of

phosphorus and magnesium plant on the basis of Ghazvini and Sarakhsi at 20 ° C was observed . The temperatures measured at the highest speed the absorption of phosphorus and magnesium plant Ghazvini foundations and Sarakhsi at 20 ° C was observed. The maximum speed of uptake is rooted in the foundations of Badami Zarand Ghazvini for calcium, potassium, phosphorus, nitrogen and magnesium at temperatures between about reviews, a temperature of 25 ° C environment, whereas the maximum absorption of these elements by the roots Sarakhs at 20 ° C to except magnesium, magnesium uptake by roots in Sarakhs maximum temperature was 10 ° C environment, as well as the highest rate of absorption of phosphorus and nitrogen by root basis of Badami-Zarand and Ghazvini temperature was 10 ° C.

Key words: uptake and movement, nutrient element, pistachio rootstocks, temperature

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Horticulture

M. Sc. Thesis

Study of the effects of enviroment temperature on uptake and movement of some nutrient element on several commercial pistachio rootstocks

Hajar Hokmabadi

Supervisors

Dr.Mahdi Rezaei

Dr. Hossein Hokmabadi

February 2016