ارزیابی دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت در دانهال‌های پسته رقم سرخسی

داود زارع حقی [۱] *، محمد رضا نیشابوری، منوچهر گرجی، محمد ابراهیم صادقزاده ریحان، و جاوید عمارت پرداز

استادیار، گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز .
davoodzarehagi@yahoo.com
استاد، گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
neyshmr@yahoo.com
دانشیار، گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
mgorji@ut.ac.ir
کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی.
mebsadeghzadeh@yahoo.com
دانشجوی دکتری، گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

چکیده

فراهمی مستمر آب خاک، یکی از مهمترین فاکتورها برای رشد گیاه محسوب می‌گردد. گیاهان درصورت عدم دسترسی به آب کافی و نیز در شرایط نزدیک به اشباع که تهویه خاک کاهش می‌یابد، دچار تنش می‌شوند. به منظور بررسی رفتار دانهال پسته در رطوبت‌های مختلف و تعیین دامنه رطوبتی بدون محدودیت رشد، آزمایش گلخانه‌ای با قالب طرح کاملا تصادفی به طور همزمان در دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک و شش سطح درصد رطوبت حجمی و سه تکرار انجام پذیرفت. سطوح درصد رطوبت حجمی در دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ (٪ ۴۳- ۳۳ ،٪ ۳۳- ۲۵، ٪ ۲۵- ۱۹، ٪ ۱۹- ۱۴، ٪ ۱۴-۱۱ و٪ ۱۱- ۷) و ۱/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب (٪۳۳- ۲۷، ٪ ۲۷- ۲۳، ٪ ۲۳- ۱۹، ٪۱۹-۱۵، ٪ ۱۵- ۱۳ و ٪ ۱۳- ۸) اعمال شدند. پس ازانتقال دانهال‌های پسته رقم سرخسی به استوانه‌ها و استقرار آنها، شش دامنه رطوبت حجمی فوق برای هر سطح تراکمی اعمال گردید. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای برگ بالغ سوم، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین و مساحت برگ دانهال‌ها تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌ها تاثیر معنی‌دار ($P<0.01$) سطوح رطوبتی بر تمامی پارامترهای گیاهی در هر دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک را نشان داد. در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، دانهال‌ها در دامنه رطوبتی ۷ تا ۱۴ درصد رطوبت حجمی با محدودیت رویشی و فعالیت فیزیولوژیکی مواجه شدند. بنابراین دامنه رطوبتی ۱۴ تا ۴۳ درصد به عنوان دامنه رطوبتی غیر محدود کننده برای دانهال پسته در این سطح جرم مخصوص ظاهری تعیین گردید. درسطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸گرم-برسانتی‌مترمکعب، دانهال‌ها در دامنه ۸ تا ۱۹ درصد رطوبت حجمی به دلیل کمی رطوبت و در دامنه ۲۳ تا ۳۲ درصد به دلیل تهویه ضعیف، با محدویت رویشی و فعالیت فیزیولوژیکی مواجه شدند. بنابراین دامنه رطوبتی غیرمحدودکننده در این سطح جرم مخصوص ظاهری برای دانهال‌های پسته ۱۹ تا ۲۳ درصد حجمی تعیین گردید. این درحالی است که دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت از مدل داسیلوا و همکاران برای دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب به ترتیب ۱۱ تا ۲۵ و ۲۰ تا ۲۲ درصد حجمی برآورد شد. این تفاوت‌ها نیاز به واسنجی مدل‌های برآورد کننده دامنه رطوبتی بدون محدودیت برای هر خاک و گیاه را نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی: پرولین، دامنه رطوبتی غیر محدود کننده، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای

۱- آدرس نویسنده مسئول: دانشکده کشاورزی،گروه خاکشناسی دانشگاه تبریز .

* دریافت: خرداد ۱۳۹۲ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۳

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

اگر چه در تعریف ساده آب قابل استفاده توسط ویهمیر و هندریکسون (۱۹٤۹)، تنها انرژی آب در خاک به عنوان عامل اصلی قابل استفاده بودن رطوبت خاک برای گیاه مد نظر قرار گرفته، اما مشخص شده ویژگی‌های دیگری غیر از ارتباط بین رطوبت خاک و پتانسیل ماتریک نیز وجود دارد که می‌تواند بر قابل استفاده بودن آب خاک برای گیاه موثر باشد. تهویه خاک و قابلیت نفوذ ریشه از جمله عوامل موثر بر قابل استفاده بودن آب خاک برای گیاه می‌باشند(داسیلوا و همکاران، ۱۹۹٤؛لتی، ۱۹۸۵).

فراهمی مستمرآب خاک یکی از مهمترین عوامل جهت رشد گیاه محسوب می‌گردد. گیاهان در صورت فقدان دسترسی به آب و تهویه کافی، دچار تنش می-گردند.مقدار آب خاک از یک سو بر مقاومت فروروی خاک و از سوی دیگر بر تخلخل تهویه‌ای تاثیر گذار بوده و بر هم‌کنش این سه عامل (رطوبت، تهویه و مقاومت فروروی خاک) میزان رشد ریشه و گیاه را تعیین می-کنند.تلاش در جهت گنجاندن سه خصوصیت فیزیکی موثر مذکور در رشد ریشه در قالب یک پارامتر توسط لتی (۱۹۸۵) صورت پذیرفت. نامبرده با توجه به محدودیت بالقوه تهویه خاک در رطوبت‌های بالا از یک طرف و محدودیت مقاومت مکانیکی خاک در مقابل نفوذ ریشه در رطوبت‌های پائینی از طرف دیگر، دامنه رطوبتی را که در آن جذب آب مشکلی برای رشد گیاه بوجود نمی‌آورد، پیشنهاد نمود و آن را دامنه‌رطوبتی بدون محدودیت(NLWR)[1] نامید.

کاهش تهویه در رطوبت‌های بالا و نداشتن دسترسی به آب کافی و یا افزایش مقاومت خاک در مقابل نفوذ ریشه در رطوبت‌های پایین، محدوده *NLWR* را باریکتر می‌کند. برای درک بیشتر مفهوم *NLWR*، برای اولین بار داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) آزمایش‌های مزرعه-ای انجام دادند. آنها به دلیل اینکه تغییرات محیطی درمحدوده *NLWR*، بر روی رشد گیاه اثر می‌گذارد، از واژه دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت[2] استفاده نمودند.مطابق پیشنهاد داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) برای یک خاک با ساختمان معین، منحنی رطوبتی و منحنی مقاومت تعیین، و با استفاده از آن‌ها مقادیر رطوبت در پتانسیل های ماتریک ۰/۰۱ و ۱/۵ مگا پاسکال به ترتیب مشخص کننده Θ_{fc} و Θ_{pwp} ، مقدار آب خاک در تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد (Θ_{afp})و مقدار آب خاک در مقاومت فروروی دو مگا پاسکال (Θ_{sr}) به دست می‌آیند. LLWR از رابطه زیر بدست می آید

$$LLWR = (\Theta_{fc} \text{ or } \Theta_{afp}) - (\Theta_{pwp} \text{ or } \Theta_{sr}) \qquad (۱)$$

حد بالایی آن رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (θ_{fc}) یا رطوبت در تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد (θ_{afp})، هر کدام که کمتر باشد و حد پایینی آن رطوبت در نقطه پژمردگی دایم خاک (θ_{pwp}) یا رطوبت در مقاومت فروروی دو مگا پاسکال (θ_{sr})، هر کدام که بیشتر باشد است. جذب آب بوسیله گیاهان به شکل پیوسته‌ای با پتانسیل ماتریک، تهویه یا مقاومت مکانیکی خاک تغییر می‌کند. مقادیر مقاومت فروروی خاک که رشد ریشه را در خاک محدود می‌کند، از ۱/۵ تا ٤ مگا پاسکال است(بنکوک و همکاران، ۲۰۰٦؛ بتز و همکاران، ۱۹۹۸).

داسیلوا و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که رشد ذرت خارج از محدوده‌های تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد و مقاومت فروروی دو مگا پاسکال، کاملاً محدود نمی‌شود و با سرعت کمتری ادامه می‌یابد. محمدی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند موقعی که مقدار مصرف اکسیژن توسط گیاهان کمتر از دو میکرو مول بر مترمکعب بر ثانیه باشد، حد بالایی دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت به رطوبت حجمی در نقطه اشباع نزدیک می‌گردد. نتایج نامبردگان همچنین نشان داد که مقدار آب خاک در تخلخل تهویه‌ای ۱۰٪ نمی‌تواند حد بالایی مناسب دامنه

[1] - Non limiting water range (NLWR)

[2] - Least limiting water range (LLWR)

Archive of SID

www.SID.ir

رطوبتی با حداقل محدودیت باشد، زیرا به طور صحیحی نیاز آبی محصول را منعکس نمی‌کند. داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) نشان دادند که *LLWR* به مقدار حد تخلخل تهویه‌ای بویژه در خاک‌هایی با بافت سنگین، خیلی حساس است و میزان این حساسیت به جرم مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد. در حالی‌که سیگل اسم و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند برخی گیاهان بسته به نوع خاک می‌توانند در خارج از محدوده رطوبتی *LLWR* (در تخلخل تهویه‌ای کمتر از ۱۰ درصد) نسبت به داخل محدوده رطوبتی *LLWR* رشد بهتری داشته باشند که این امر نشان می‌دهد *LLWR* شاخص دقیقی از رطوبت قابل جذب برای همه گیاهان نیست.

آنها بیان داشتند که مقدار رطوبت حجمی تعیین شده توسط حدود استاندارد *LLWR* برای برخی گونه‌های گیاهی در برخی از خاک‌ها مقادیر بسیار کمی می‌باشند و در نتیجه *LLWR* سبب برآورد کمتر قابلیت رشد این گونه‌های گیاهی در محدوده وسیعی از شرایط رطوبتی خاک می‌شود. رشد اندام هوایی می‌تواند همزمان با مقدار آب خاک و بدون هیچ‌گونه آسیبی به گیاه، اندازه گیری شود و پارامتر مناسبی جهت ارزیابی اولیه رابطه بین واکنش گیاه و *LLWR* می‌باشد(داسیلوا و همکاران، ۱۹۹٦). مقادیر درنظرگرفته شده توسط داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) ممکن است جهت برآورد *LLWR* برای تمام گیاهان صادق نباشند، زیرا این محدوده رطوبتی برای هر خاکی با جرم مخصوص ظاهری معین، بدون در نظر گرفتن نوع گیاه، مقدار ثابتی را خواهد داشت.

با توجه به این‌که گیاهان مختلف نیازهای رطوبتی و تهویه‌ای متفاوتی دارند، بنابراین باید تعیین دامنه رطوبتی که گیاه در آن دچار محدودیت رویشی نگردد با استفاده ازشاخص‌های گیاهی تعیین یا پیش‌بینی شود. روش‌های تعیین زمان آبیاری که اخیراً ایجاد شده‌اند، وابسته به تشخیص پاسخ گیاهی به کمبود آب هستند - (ارتنو و همکاران، ۲۰۰٦؛ رمورینی و ماسای، ۲۰۰۳). آگاهی از وضعیت آبی گیاه از طریق شاخص‌های فیزیولوژیکی به دلیل ماهیت دینامیکی و رابطه مستقیمی که با شرایط اقلیمی و خاک دارند، حاصل می‌گردد. پسته یکی از محصولات کشاورزی است که با نام ایران در آمیخته و تولید آن در کشورمان سابقه طولانی دارد.درختان پسته تحت شرایط تنش رطوبتی بالا در بیابان‌ها رشد نموده و میوه می‌دهند (اسپایگل- روی و همکاران، ۱۹۷۷). هدف از این تحقیق تعیین واقعی دامنه ای از رطوبت خاک است که در آن دامنه رطوبتی، گیاه دچارمحدودیت آب نگردیده و مجبور نباشد فعالیت‌های خود را به حداقل برساند.

به همین منظور با ایجاد دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک و در هر سطح جرم مخصوص ظاهری با ایجاد شش سطح رطوبتی در یک خاک لوم شنی، اقدام به اندازه گیری پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی شامل اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین و مساحت برگ در دانهال-های پسته گردید تا مشخص شود که در چه دامنه رطوبتی از خاک این پارامترها در دانهال‌های پسته کاهش می یابند یا دانهال ها با تنش رطوبتی مواجه می‌گردند و در نهایت اینکه آیا این دامنه رطوبتی با *LLWR* برآوردی به روش داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) مطابقت دارد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی رفتار دانهال‌های پسته (*Pistachio vera L.*) رقم سرخسی، در داخل سطوح رطوبتی *LLWR* برآوردی به روش داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) و سطوح رطوبتی خارج از این محدوده، در دو سطح تراکمی خاک، آزمایش گلخانه‌ای زیر صورت پذیرفت. خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متری) باغ پسته مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به مقدار کافی جمع‌آوری و پس از عبور از الک ٤/۷۵ میلی‌متری داخل استوانه‌های پی وی سی به قطر ۱۵/۲٤ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر به تدریج ریخته شد و آنقدر متراکم گردید تا جرم مخصوص ظاهری آنها به ۱/۵ و ۱/۸ گرم

Archive of SID

www.SID.ir

بر سانتی‌متر مکعب برسد. مراحل زیر جهت ایجاد سطوح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب صورت پذیرفت: ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری استوانه‌ها به ده قسمت پنج سانتی‌متری تقسیم گردید.

با در دست داشتن حجم هر قسمت پنج سانتی-متری وجرم مخصوص ظاهری خشک مورد نظر، جرم خاک الک شده‌ای که بایستی درآن قسمت قرار گیرد محاسبه شد. خاک مورد نظر توزین و داخل استوانه‌ای که پائین آن توسط صفحه فلزی کاملاً مسدود گردیده بود، ریخته شد.

جهت فشرده کردن خاک ریخته شده، یک صفحه فلزی متصل به یک میله بر روی سطح خاک در استوانه قرار داده شد. یک وزنه ۲/۵ کیلوگرمی که در طول میله می‌توانست سقوط آزاد داشته باشد از ارتفاع ٦۰ سانتی‌متری بر روی صفحه فلزی به تعداد مورد نیاز رها گردید تا خاک ریخته شده به حجم از قبل تعیین شده برسد. این عمل تا پرشدن ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری استوانه‌ها ادامه یافت. پنج سانتی‌متر خاک الک شده از الک ٤/۷۵ میلی‌متری بر روی خاک متراکم شده ریخته شد تا پس از انتقال دانهال‌های پسته به استوانه‌های خاک آماده شده، دانهال‌ها بتوانند به راحتی استقرار یابند.

با توجه به اینکه خاک حاوی دانهال‌ها نیز پنج سانتی متر بود، بنابراین پس از انتقال آنها به درون استوانه‌ها، تنها پنج سانتی‌متر از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری استوانه‌ها خالی ماند که جهت افزودن آب به استوانه‌ها در نظر گرفته شد. به سطح خاک هر استوانه یک سانتی متر سنگریزه اضافه شد تا هنگام آب دادن به استوانه‌ها، بهم ریختگی در سطح خاک ایجاد نگردد. آزمایش در قالب دو طرح کاملاً تصادفی با شش سطح رطوبتی، در دو سطح جرم مخصوص ظاهری خاک بطور همزمان در سه تکرار اجرا گردید و برای هر سطح تراکمی ۱۸ استوانه خاک و مجموعاً ۳٦ استوانه آماده گردید. استوانه‌ها به صورت کاملاً تصادفی روی یک شاسی در گلخانه قرار داده شدند.دانهال‌های پسته رشد یافته ۲۵ روزه درون ظروف یکبار مصرف به داخل استوانه‌ها انتقال داده شدند و در طول یک هفته پس از انتقال، رطوبت خاک درآنها در حد ظرفیت مزرعه‌ای نگه داشته شد تا دانهال‌ها کاملاً درمحیط جدید استقرار یابند.

اعمال تیمار رطوبت در استوانه‌های خاک

شش سطح رطوبت خاک از نقطه اشباع تا نقطه پژمردگی دایم و پایین‌تر از آن، برای هر سطح جرم مخصوص ظاهری خاک به شرح جدول (۱) اعمال گردید. رطوبت در ظرفیت مزرعه‌ای(θ_{fc}) و نقطه پژمردگی دایم خاک(θ_{pwp})به ترتیب در ۰/۰۱ و ۱/۵ مگا پاسکال توسط محفظه فشاری، رطوبت در مقاومت فروروی ۲ مگا پاسکال (θ_{sr})از مدل رگراسیونی بوسچر(۱۹۹۰) و رطوبت در تخلخل تهویه‌ای۱۰ درصد (θ_{afp}) از رابطه $\theta_{afp}=\theta_{s}$ - ۰/۱ برای هر سطح جرم مخصوص ظاهری تعیین گردید.

مقدار $LLWR$ برای هر سطح جرم مخصوص ظاهری از روی چهار رطوبت ذکر شده و روابط ارایه شده توسط داسیلوا و همکاران (۱۹۹٤) محاسبه گردید. جهت کنترل رطوبت خاک یک جفت میله موج بر٤۰ سانتی‌متری دستگاه TDR[1]در داخل هراستوانه قرار گرفتند. این میله-ها تا پایان آزمایش در درون خاک باقی ماندند و هر دو روز یکبار مقادیر رطوبت حجمی استوانه‌ها قرائت گردید.هر موقع که درصد رطوبت حجمی استوانه‌ها به حد پائین دامنه رطوبتی مورد نظر می‌رسید، آب به استوانه‌ها اضافه می‌شد تا رطوبت خاک در لایه ٤۵ سانتی-متری به حد بالایی رطوبت تعیین شده برسد. حجم آب مورد نیاز از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$V= a D (\theta_{V2} - \theta_{V1}) \qquad (۲)$$

θ_{V2}: حد بالای دامنه رطوبتی مشخص گردیده برای هر استوانه ($cm^3\ cm^{-3}$)

θ_{V1}: رطوبت حجمی قرائت شده با TDR ($cm^3\ cm^{-3}$)

[1]- *Time domain reflectometry*

Archive of SID

www.SID.ir

D : عمق خاک استوانه‌ها که برابر ٤٥ سانتی‌متر برای تمامی استوانه‌های خاک منظور شد.

V: حجم آب مورد نیاز بر حسب سانتی‌متر مکعب

a: سطح مقطع استوانه‌های خاک که برابر cm^2 ۱۸۲/۳

اعمال تیمارهای رطوبتی به مدت ۱۰ هفته تا خروج ریشه از زیر استوانه ادامه یافت. در طی این مدت ده بار آبیاری برای استوانه‌ها صورت پذیرفت.

جدول ۱- مشخصات دامنه‌های رطوبت حجمی اعمال شده در هر یک از سطوح جرم مخصوص ظاهری خاک

جرم مخصوص ظاهری			سطوح رطوبتی (درصد حجمی)					
	θ_{fc}	θpwp	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱/۵ g cm^{-3}	۲۵	۱۱	۴۳-۳۳	۳۳-۲۵	۲۵-۱۹	۱۹-۱۴	۱۴-۱۱	۱۱-۷
۱/۸ g cm^{-3}	۳۱	۱۳/۳	۳۲-۲۷	۲۷-۲۳	۲۳-۱۹	۱۹-۱۵	۱۵-۱۳	۱۳-۸

اندازه‌گیری پارامترهای گیاهی

هدایت روزنه‌ای برگ بالغ سوم، هر سه روز یکبار بین ساعت ۱۳ الی١٤ در طول مدت اعمال تیمارهای رطوبتی توسط دستگاه *AP4 Porometer (Delta-T Devices, CambridgeUK)* اندازه‌گیری گردید. با پایان یافتن مرحله اعمال تیمارهای رطوبتی، نمونه‌های برگ جهت تعیین محتوای نسبی‌آب[1] و پرولین تهیه شد. مساحت برگ‌ها بعد از جدا کردن از دانهال‌ها توسط دستگاه Leaf Area Meter تعیین گردید.محتوای پرولین برگ‌ها به روش باتز و همکاران (۱۹۷۳) اندازه-گیری گردید. محتوای نسبی آب برگ نیز طبق روش ویترلی (۱۹۷۰) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد :

$$RWC = \frac{Wf - Wd}{Wt - Wd} \times 100 \qquad (۳)$$

Wf: وزن تر

Wd: وزن خشک و Wt: وزن متورم

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک به روش هیدرومتر چهار قرائتی (گی و همکاران، ۲۰۰۲)، کربن آلی به روش تر سوزانی (نلسون و سامر، ۱۹۹٦)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با هدایت سنج الکتریکی و واکنش خاک در عصاره اشباع توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. آنالیز نتایج با استفاده ازنرم افزار *SPSS* و مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت پذیرفت.

نتایج

اساس جدول (۲) در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب مقدار حد بالایی و پایینی LLWR، به ترتیب Θ_{fc} و Θ_{pwp} است. بنابراین مطابق با جدول (۱)، سطوح رطوبتی سه ،چهار و پنج در داخل محدوده رطوبتی LLWR قرار گرفته‌اند و قائدتاً انتظار می‌رود گیاه در رطوبت زیر۱۱٪ و بالای ۲۵٪ (سطوح رطوبتی یک، دو و شش خارج از محدوده LLWR) با محدودیت رشد مواجه گردد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول (۳)، تاثیر سطوح مختلف رطوبت بر روی پارامترهای گیاهی، در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای گیاهی شکل (۱، ۲ و۳) اندازه‌گیری شده در خاک با جرم مخصوص ظاهری ۱/۵گرم بر سانتی‌مترمکعب نشان داد که مساحت، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در چهار سطح رطوبتی یعنی از محدوده رطوبتی ١٤ تا ٤٣ درصد رطوبت

[2] - *Relative water content (RWC)*

Archive of SID

www.SID.ir

حجمی تفاوت معنی‌داری ندارند. این در حالی است که بین سطوح رطوبتی پنج و شش با دیگر سطوح رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به عبارتی محدوده رطوبتی ۷ تا ١٤ درصد رطوبت حجمی برای رشد دانهال‌های پسته در این سطح جرم مخصوص ظاهری ایجاد محدویت رویشی و فیزیولوژیکی نموده است. بنابراین محدوده رطوبتی مناسب رشد گیاه در این سطح جرم مخصوص ظاهری خاک از ١٤ تا ٤٣ درصد رطوبت حجمی است. این در حالی‌است که دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت برای این سطح جرم مخصوص ظاهری ۱۱ تا ۲۵ درصد بر آورد شده است جدول (۲).

همچنین نتایج مقایسه میانگین مربوط به مقادیر پرولین نشان داد که بین سطوح رطوبتی یک تا چهار تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و کمترین مقادیر مربوط به این سطوح رطوبتی است. در حالی‌که بین سطوح رطوبتی پنج و شش با دیگر سطوح رطوبتی تفاوت معنی-داری وجود دارد و این سطوح رطوبتی بیشترین مقادیر پرولین را داشتند شکل(٤).

در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب مقدار حد بالایی و پائینی LLWR، به ترتیب Θ_{afp} و Θ_{sr} است و مطابق با جدول(۱)، سطح رطوبتی سه در داخل محدوده رطوبتی LLWR و سطوح رطوبتی یک، دو ،چهار، پنج و شش در خارج از آن قرار گرفته‌اند و انتظار می‌رود در این سطح جرم مخصوص ظاهری خاک نیز گیاه با محدویت رشد در سطوح رطوبتی خارج از محدوده رطوبتی LLWR (سطوح رطوبتی یک ،دو ،چهار ،پنج وشش) مواجه‌گردد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول (٤)، تاثیر سطوح مختلف رطوبت بر روی پارامترهای گیاهی در سطح احتمال یک درصد در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شده در خاک با جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم برسانتی‌متر مکعب نشان داد که سطح رطوبتی سه بیشترین مقادیر مساحت، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای برگ‌ها و کمترین مقادیر پرولین را داشت (شکل۵ ، ٦ ، ۷ و ۸).

به عبارتی محدوده رطوبتی ۱۹ تا ۲۳ درصد رطوبت حجمی برای دانهال‌های پسته در این سطح جرم مخصوص ظاهری باعث ایجاد محدودیت نگردیده است. در صورتی‌که دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت برای این سطح تراکمی ۲۰ تا ۲۲ درصد برآورد شده است جدول(۲).

این نتایج در توافق با یافته‌های سیگل ایسم و همکاران (۲۰۰۵) است که بیان نمودند *LLWR* مناسب-ترین محدوده رطوبتی برای رشد گیاهچه‌های *Loblolly Pines* نیست. همچنین با یافته‌های بلینسکی و همکاران(۲۰۰۹) که بیان داشتند شاخص *LLWR*، دامنه‌ای از رطوبت خاک را مشخص می‌نماید که در این دامنه رطوبتی به لحاظ تئوریکی محدودیت فیزیکی برای رشد گیاه حداقل است همخوانی دارد.

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیات خاک		درصد رطوبت حجمی		
شاخص	مقدار عددی	محدوده رطوبتی	Db= ۱/۵ g cm^{-3}	Db= ۱/۸ g cm^{-3}
درصد شن	۵۸	Θ_{afp}	۳۳	۲۲
درصد سیلت	۲۶	Θ_{fc}	۲۵	۲۱
درصد رس	۱۶	Θ_{pwp}	۱۱	۱۳/۳
درصد کربن آلی	۰/۳۹	Θ_{sr}	۹/۵	۲۰
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ds m^{-1})*	۵/۵	LLWR	۱۴	۲
واکنش خاک	۷/۶	–	–	–

* :دسی زیمنس بر متر

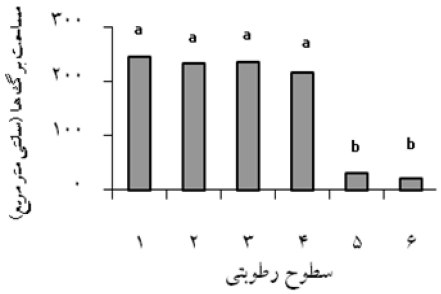
Archive of SID

www.SID.ir

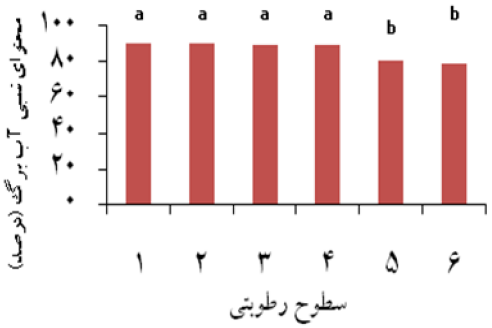
جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس تاثیر سطوح رطوبتی بر پارامترهای گیاهی در جرم مخصوص۱/۵گرم بر سانتی‌متر مکعب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		هدایت روزنه‌ای	پرولین	محتوای نسبی آب	مساحت برگها
سطوح رطوبتی	۵	۰/۰۱۷ **	۰/۰۷۱**	۶۶ /۷۲۲**	۳۴۲۱۶/۰۹۴**
خطای آزمایش	۱۲	۰/ ۰۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۶۱/۸۳۷

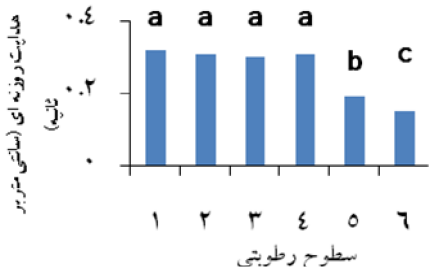
**: اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد خاک



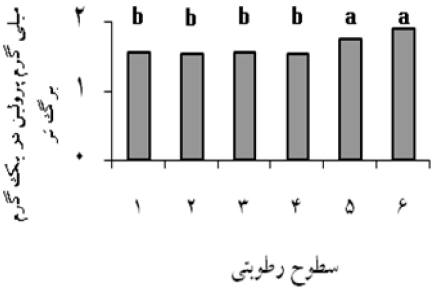
شکل ۱- مقایسه میانگین مساحت برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۵گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۵گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۳- مقایسه میانگین هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۵گرم بر سانتی‌متر مکعب



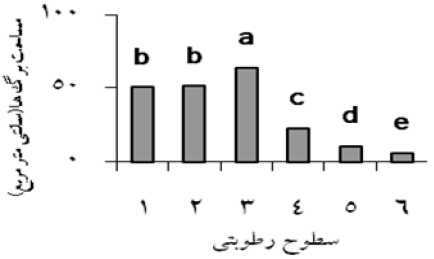
شکل ۴- مقایسه میانگین میزان پرولین برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۵گرم بر سانتی‌متر مکعب

جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس تاثیر سطوح رطوبتی بر پارامترهای گیاهی در جرم مخصوص۱/۸گرم بر سانتی‌متر مکعب خاک

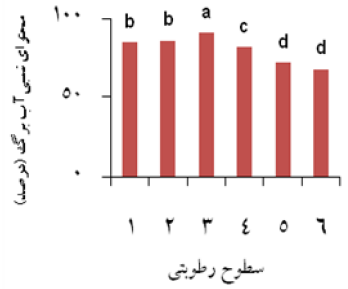
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		هدایت روزنه‌ای	پرولین	محتوای نسبی آب	مساحت برگها
سطوح رطوبتی	۵	۰/۰۱۹ **	۱/۰۲۸**	۲۳۸ /۳۲**	۱۵۸۸/۵۹**
خطای آزمایش	۱۲	۰/ ۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۱/۵	۱۵/۱۹

**: اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد

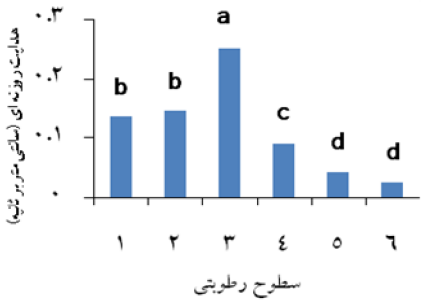
www.SID.ir



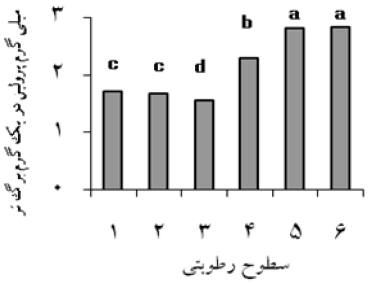
شکل ۵- مقایسه میانگین مساحت برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی، در جرم مخصوص ظاهری ۱/۸گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ در سطوح مختلف رطوبتی، در جرم مخصوص ظاهری ۱/۸گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۷- مقایسه میانگین هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی، در جرم مخصوص ظاهری ۱/۸گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۸- مقایسه میانگین میزان پرولین برگ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی، در جرم مخصوص ظاهری ۱/۸گرم بر سانتی‌متر مکعب

کاهش سطح برگ را می‌توان به عنوان اولین اقدام دفاعی گیاه در برابر کمبود رطوبت در نظر گرفت. کمبود رطوبت نه تنها اندازه برگ را محدود می‌کند، بلکه باعث محدودیت در تعداد برگ نیز می‌شود.

در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش رطوبت خاک به زیر ١٤ درصد حجمی، و در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم برسانتی‌متر مکعب رطوبت‌های اشباع و نزدیک به اشباع (سطوح رطوبتی یک و دو)، و همچنین کاهش رطوبت به زیر ۱۹درصد (سطوح رطوبتی چهار ، پنج و شش) باعث کاهش معنی‌دار در مساحت برگ دانهال‌های پسته گردید.

کاهش سطح برگ در اثر تنش رطوبتی به دلیل کاهش تورژسانس سلولی (ناگل و همکاران، ١٩٩٤؛ سرپ و ماتوز، ۲۰۰۰)، به تاخیر اندازی ایجاد برگهای جدید (بلایگو و همکاران، ١٩٩٦) و افزایش پیری برگ (پیک و همکاران، ۲۰۰۲) است. کاهش سطح برگ در سطوح رطوبتی یک و دو در خاک با سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب به دلیل عدم تهویه(کمبود اکسیژن) در این سطوح رطوبتی است، در صورتی- که سطوح رطوبتی یک و دو در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم برسانتی‌متر مکعب باعث کاهش معنی‌دار در مساحت برگها نشد.

زیرا که در این سطح جرم مخصوص ظاهری بلافاصله بعد از رساندن رطوبت خاک به رطوبت اشباع، زهکشی سریع صورت گرفت و باعث کمبود اکسیژن در این سطوح رطوبتی نشد.کمبود اکسیژن بیوسنتز اتیلن در ریشه‌ها را بالا می‌برد و همچنین پیام هورمونی اسید آبسزیک (*ABA*) به ساقه‌ها می‌فرستد که گیاهان به این هورمونها با پیچیدگی پهنک برگ به طرف پایین، ممانعت از رشد ریشه و ساقه و ریزش برگی پاسخ می‌دهند (درو، ۱۹۹۰؛ هی ، ١٩٩٦).

در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، کاهش رطوبت خاک به زیر١٤ درصد و در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم برسانتی-

Archive of SID

www.SID.ir

مترمکعب کاهش رطوبت خاک به زیر ۱۹ درصد رطوبت حجمی، باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ و افزایش پرولین گردید. همچنین سطوح رطوبتی یک و دو (۲۳ تا ۳۲ درصد) در سطح جرم مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ و افزایش پرولین گردید.

واکنش گیاه به کمبود اکسیژن در ناحیه ریشه، بستن روزنه‌هاست (درو،۱۹۹۰). تنش رطوبتی باعث القای پاسخ‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مختلف درگیاهان شده و به آنها کمک می‌کند تا خود را با شرایط محدود سازگار نمایند (آرورا، ۲۰۰۲). پرولین نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد و تجمع آن به عنوان یکی از مکانیسم‌های سازگاری در بافت‌های گیاهی تحت شرایط کمبود رطوبت شناخته شده است (اسماعیل و همکاران، ۱۹۹٤). براساس گزارش سیتی و همکاران (۲۰۰۹) مقدار پرولین در نتیجه محدود شدن رشد ریشه و تنش رطوبتی در درختان انبه افزایش قابل توجه یافت و با آبیاری مجدد آنها کاهش در مقدار پرولین حاصل گردید.

اولین پاسخ گیاهان به کمبود آب، بستن روزنه‌ها جهت کاهش اتلاف آب از طریق تعرق است (ماهجان و توتجا، ۲۰۰۵). کمبود رطوبت باعث افزایش pH شیره سلولی شده و تولید بیشتر *ABA* در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی را به دنبال دارد. *ABA* باعث تحریک خروج یون‌های K^+ از سلولهای محافظ روزنه شده و بدنبال آن کاهش فشار تورمی در آن سلولها و کاهش هدایت روزنه-ای اتفاق می‌افتد (ویلکینسون و داویس، ۲۰۰۲). محتوای نسبی آب برگ در آشکار سازی تنش های رطوبتی در گیاهان مفید می‌باشد(جونز، ۱۹۹۲). کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط کمبود رطوبتی موجب کاهش هدایت روزنه‌ای و جذب co_2 و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌گردد (لاولر، ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که LLWR برآوردی به روش داسیلوا و همکاران(۱۹۹٤) در سطوح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب با دامنه‌ای از رطوبت خاک که در آن دانهال‌های پسته از لحاظ رطوبتی دچار تنش رطوبتی نمی‌گردند، مطابقت ندارد. زیرا در سطوح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب به ترتیب LLWR برآوردی به روش داسیلوا و همکاران ۱۱ تا ۲۵ و ۲۰ تا ۲۲درصد رطوبت حجمی بود در صورتی‌که دانهال های پسته در سطوح جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب به ترتیب در دامنه‌های ۱٤ تا ٤۳ و ۱۹ تا ۲۳ درصد رطوبت حجمی با محدویت رویشی و فیزیولوژیکی مواجه نگردیدند. بنابراین نیاز به واسنجی مدل برآورد کننده LLWR (دامنه رطوبتی بدون محدودیت) برای هر خاک و گیاه است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تشکر و قدردانی می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

1. Arora, A. Sairam, R.K and Srivastava, G.C. 2002. Oxidative stress and antioxidative systems in plants. *Currrent Science*. 82: 1227- 1238.
2. Bates, I.S. Waldern, R.P and Teare, I.D, 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. *Plant and Soil*. 39:205-207.
3. Belaygue, C. Wery, J. Cowan, A.A and Tardieu, F. 1996. Contribution of leaf expansion, rate of leaf appearance, and stolon branching to growth of plant leaf area under water deficit in white clover. *Crop Science*. 36: 1240–1246.
4. Bengough, A.G. Bransby, M.F. Hans, J. Mackenna, S.J. Roberts, T.J. and Valentine, T.A. 2006. Root responses to soil physical conditions, growth dynamics from field to cell. *Journal of Experimental Botany*. 57:437-447
5. Betz, C. L. Allmaras, R. R. Copeland, S. M. and Randall, G. W. 1998. Least limiting water range: traffic and long-term tillage influences in a Webster soil. *Soil Science Society of America Journal*. 62: 1384-1393.
6. Blainski, E Goncalve, A.C.A Tormena,C.A Folegatti, M.V and Guimaraes, R.M.L. 2009. Least limiting water range of an irrigated Dystroferric Red Nitosol .*Revista Brasileira de Ciencia do Solo*.33:273-281.
7. Busscher, W.J. 1990. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*. 33:519–524.
8. Da Silva, A.P. Imhoff, S and Kay, B.D.2004. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. *Scientia Agricola*.61:451-456.
9. Da Silva, A.P. Kay, B.D and Perfect, E. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58: 1775–1781.
10. Da Silva, A.P and Kay, B.D., 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant and Soil*. 184: 323– 329.
11. Drew, M.C. 1990. Sensing soil oxygen. *Plant Cell and Environment*. 13: 681-693.
12. Gee, G.W and Or, D. 2002. Particle size analysis. In: Dane, J.H and Topp, G.C(eds.). Pp. 255-293. Methods of Soil Analysis. Physical Methods, Part 4. ASA and SSSA. Madison, WI..
13. He, C.F Drew, M.C Jordan, W.R and Morgan, P.W.1996. Ethylene biosynthesis during aerenchyma formation in roots of maize subjected to mechanical impedance and hypoxia. *Plant Physiology*.112: 1679-1685.
14. Ismail, M.R Aziz, M.A and Hashim, T. 1994. Growth, water relations and physiological change of young durian (Durio zibenthinus Murr) as influenced by water availability. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 17:149–156.
15. Jones, H.G. 1992. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology, 2nd ed. *In*: *Plants and Microclimate.Cambridge University press*. 428p.
16. Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomato vs metabolism and the role of . *Annals of Botany*. 89: 871- 885.
17. LeBaron, A.D. 1973. Projecting Iranian agricultural supply and demand. *Iranian Journal of Agricultural Research*. 2: 2–11.
18. Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*. 277- 294.
19. Mahajan, S.h and Tuteja, N.2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochememistry and Biophysics*. 444: 139- 158.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Mohammadi, M. H Asadzadeh, F. and Vanclooster, M. 2010. Refining and unifying the upper limits of the least limiting water range using soil and plant properties. *Plant Soil*. 334: 221-234.
21. Nagel, O.W Konings, H and Lambers, H. 1994. Growth rate, plant development and water relations of ABA-deficient tomato mutant sitiens. *Physiologia Plantarum*. 92:102–108.
22. Nelson, D.W and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 961-1010. *In*: Sparks, D.L (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. ASA and SSSA. Madison, WI.
23. Ortunõ, M.F Garcia-Orellana, Y. Conejero, W. Ruiz-Sanchez, M.C Mounzer, O Alarcon, J.J and Torrecillas, A. 2006. Relationships between climatic variables and sap flow, stem water potential and maximum daily trunk shrinkage in lemon trees. *Plant and Soil*. 279: 229–242.
24. Pic, E. Teyssendier, D. L. Serve, B.Tardieu, F and Turc, O. 2002. Leaf senescence induced by mild water deficit follows the same sequence of macroscopic, biochemical and molecular events as monocarpic senescence in pea. *Plant Physiology*.128:236–246.
25. Remorini, D. and Massai, R. 2003. Comparison of water status indicators for young peach trees. *Irrigation Science*. 22:39–46.
26. Serpe, M.D and Mathews, M.A. 2000. Turgor and cell wall yielding in dicot leaf growth in response to changes in relative humidity. *Australian Jounrnal Plant Physiology*. 27:1131–1140.
27. Siegel – Issem, C.M. Burger, J.A. Powers, R.F. Ponder Fand Patterson, S.C. 2005. Seedling root growth as a function of soil density and water content. *Soil Science Society of America Journal*. 69: 215-226.
28. Siti, S.Z and Razi, I.M. 2009. Growth, stomata aperture, biochemical changes and ranch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. *Scientia Horticulture*.123: 58- 67.
29. Spiegel-Roy, P. Mazigh, D. and Evenari, M. 1977. Response of pistachio to low soil moisture conditions. *Jounrnal American Society for Horticultural Science*. 102: 470–473.
30. Veihmeyer, F. J. and Hendrickson, A. H. 1949. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils, *Soil Science*. 68: 75–94
31. Wheatherley, P.E. 1970. Some aspects of water relations. *Advances in Botanical Research*. 3: 171- 206.
32. Wilkinson, S. and Davies, W.J. 2002. ABA-based chemical signaling: the coordination of responses to stress in plants. *Plant Cell Environment*. 25:195- 210.

Archive of SID

www.SID.ir