

بررسی تاثیر مالچ پته آفتابگردان بر دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت خاک (LLWR)

نورعلی حقدوست قهرمانلو^{۱*}، وحید رضاوردی نژاد^۲، مجید منتصری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷)

چکیده

شناخت دامنه‌ای از رطوبت خاک که در آن رشد گیاه در ارتباط با پتانسیل آب، مقاومت خاک و دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (Least Limiting Water Range) مواجه می‌شود، اهمیت بالایی دارد. پژوهش حاضر جهت بررسی اثر مالچ پته آفتابگردان در سطوح مختلف بر مقاومت فروری (Q) و LLWR در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. آزمایشات به منظور بهبود وضعیت دامنه رطوبتی خاک، در سه سطح مالچ پته آفتابگردان و پنج سطح رطوبتی در سه تکرار انجام شد. Q توسط ریزفروسنج اتوماتیک (Automatic Micro Penetrometer) آزمایشگاهی و با تنظیم عمق و سرعت فروری مخروط دستگاه در خاک اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت خاک در مقاومت فروری بحرانی، برای تیمار شاهد (بدون مالچ) و تیمارهای با مالچ پته آفتابگردان (۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) به ترتیب در ۲۸/۴، ۲۲ و ۱۹/۱ درصد حجمی اتفاق افتاد. مقدار رطوبت بحرانی تیمار ۱۰ و ۲۰ تن مالچ در هکتار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶/۴ و ۹/۳ درصد کاهش یافت. این روند کاهشی به معنی بهبود شرایط برای جذب آب توسط گیاه است. مقدار رطوبت در Q بحرانی از تیمار ۲۰ تن مالچ در هکتار نسبت به تیمار ۱۰ تن مالچ در هکتار ۲/۹ درصد کاهش یافت و با افزایش مقدار مالچ در هکتار، نتایج بهتری حاصل شد. مقدار LLWR برای تیمار شاهد و تیمار در سطوح مختلف مالچ ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار به ترتیب ۵/۱۱، ۹/۰۹ و ۹/۱۷ درصد حجمی محاسبه گردید. این روند افزایشی رطوبت در LLWR بیانگر عملکرد مثبت مالچ پته آفتابگردان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مالچ پته آفتابگردان، مقاومت فروری، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (LLWR)

حقدوست قهرمانلو ن.، رضاوردی نژاد و.، منتصری م. ۱۴۰۱. بررسی تاثیر مالچ پته آفتابگردان بر دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت خاک (LLWR). جلد ۱۰، شماره ۱. صفحه: ۴۶-۵۳.

۱- مربی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 ۲- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 ۳- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 * پست الکترونیک: n.haghdoust@urmia.ac.ir

مقدمه

دامنه رطوبتی که در آن جذب آب مشکلی برای رشد گیاه نداشته باشد اشاره دارد. برای توسعه و کاربرد (دامنه رطوبتی بدون محدودیت) به این نتیجه رسیده شد که در آن محدوده نیز ممکن است بازدارندگی‌هایی ولو کم برای رشد گیاه وجود داشته باشد، لذا ترجیح داده شد از دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (LLWR) استفاده شود (Da-Silva et al., 1994). در مطالعه‌ای صورت گرفته در سال ۲۰۱۱ بر روی نهال پسته که در آن LLWR به روش داسیلوا برآورد شده بود نشان داده شد که این مقدار، دامنه واقعی رطوبت قابل استفاده برای نهال پسته نیست (Zarehaghghi et al., 2011). بدیهی است که شاداب ماندن گیاه و رشد مستمر آن به طور زیاد وابسته به میزان فراهمی آب است (Stiller, 2009). در صورت عدم فراهمی مناسب آب رشد و عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد. مطابق آمارنامه کشاورزی، سطح زیر کشت آفتابگردان طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در استان آذربایجان غربی ۳۴۸۶۸ هکتار بوده که در مجموع ۵/۱ درصد از زراعت استان (در مجموع ۶۸۹۶۸۰ هکتار) و ۵۸/۵ درصد از محصولات صنعتی استان (در مجموع ۵۹۶۲۰ هکتار) را تشکیل می‌دهد. بنابراین با توجه به کشت وسیع آفتابگردان طی سال‌های اخیر، استفاده از بقایای آن به-عنوان مالچ آلی جهت بهبود ویژگی‌های خاک سودمند خواهد بود. مطابق بررسی‌های صورت گرفته، در مطالعات کمی از پته آفتابگردان به عنوان مالچ استفاده شده است. بنابراین با توجه به تولید زیاد بقایای این گیاه در مزارع، بررسی تأثیر مالچ پته بر خصوصیات هیدرولیکی و مکانیکی خاک حائز اهمیت می‌باشد. به علاوه مفاهیم Q و LLWR در سطح جهانی در حال گسترش بوده و شناخت عوامل موثر بر این دامنه رطوبتی از زمینه‌های پژوهشی است. بنابراین این پژوهش به منظور شناخت تأثیر مالچ آلی پته آفتابگردان بر Q و LLWR انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مالچ پته آفتابگردان بر LLWR در سطوح متفاوت مالچ، مطالعه آزمایشگاهی صورت گرفت. در این پژوهش، خاک از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برداشت شد. خاک تهیه شده در وضعیت هواخشک از الک استاندارد ۴ (۴/۷۵ میلی‌متری) عبور داده شد و در محیط آزمایشگاه با مالچ پته آفتابگردان مخلوط گردید. آزمایشات به منظور بررسی بهبود وضعیت دامنه رطوبتی خاک، در سه سطح مالچ پته آفتابگردان و پنج سطح رطوبتی در سه

یکی از شاخص‌های خاکی برای برنامه‌ریزی آبیاری و ارزیابی وضعیت رطوبت خاک، مقاومت فروروی خاک (Q) می‌باشد (Khorsand et al., 2019). حداکثر مقاومت خاک در برابر تنش‌های مکانیکی، بدون تغییر شکل و گسیختگی را مقاومت مکانیکی خاک گویند. Q یکی از انواع مقاومت‌های مکانیکی خاک است که تحت تأثیر بافت، چگالی ظاهری و میزان مواد آلی خاک قرار می‌گیرد و بیانگر مقاومت خاک در برابر فرو بردن یک جسم میله‌ای شکل به درون آن می‌باشد (Soane & van Ouwkerk, 1994). هم‌چنین این مشخصه می‌تواند تحت تأثیر رطوبت و شرایط ساختمانی خاک قرار گیرد و در این بین، مقدار آب خاک بیش‌ترین اهمیت را دارد (Dexter et al., 1994; Da-Silva et al., 2008). Q خاک، مهم‌ترین صفت تراکم خاک زراعی بوده و در روش‌های مدیریتی به عنوان یک شاخص برای نشان دادن کیفیت فیزیکی خاک به کار می‌رود. مقدار Q خاک در رشد ریشه تأثیر می‌گذارد و می‌تواند به عنوان پارامتری برای ارزیابی اثر انواع خاک‌ورزی بر ریشه مورد استفاده قرار گیرد. Q نمونه‌های دست نخورده خاک توسط ریزفروسنج آزمایشگاهی و در مزرعه توسط فروسنج مخروطی قابل اندازه‌گیری است. با توجه به اینکه Q، یکی از پویاترین ویژگی‌های مکانیکی خاک است می‌تواند برای کسب اطلاعات پایه نظیر شخم، رشد گیاه و فعالیت‌های بیولوژیکی در مطالعه مدیریت صحیح خاک مورد استفاده قرار گیرد. با افزایش تراکم در خاک، مقدار نیرو برای ورود نوک پنترومتر به خاک افزایش می‌یابد. این نیرو می‌تواند در نفوذ ریشه نیز مؤثر باشد (Sirjacobs et al., 2002). مقاومت فروروی زیاد یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی تنش‌زا برای رشد گیاه می‌باشد (Bengough et al., 2006). با افزایش مقدار Q، میزان رشد ریشه کاهش یافته و جذب آب و عناصر غذایی کم می‌شود (To & Kay, 2005). شواهد نشان می‌دهد که رشد گیاه به تغییرات Q خاک بیش‌تر از تغییرات مکش ماتریک خاک حساس است (Whitmore et al., 2011). هم‌چنین اندازه‌گیری Q خاک در مزرعه در مقایسه با مکش ماتریک به آسانی و با سرعت بیش‌تر امکان‌پذیر است. از این رو، Q خاک می‌تواند یکی از نمایه‌های خاکی مفید برای تعیین زمان آبیاری باشد (Khorsand et al., 2021). ساختمان و رطوبت خاک از عوامل تعیین‌کننده میزان فراهمی اکسیژن، آب و مقاومت مکانیکی خاک هستند (Da-Silva et al., 1994; Yusefi et al., 2020). با توجه به محدودیت تهویه خاک در رطوبت‌های زیاد، مفهوم دامنه رطوبتی بدون محدودیت توسط Letey J, (1985). این مفهوم به

آبیاری شد تا تراکم طبیعی خود را بدست آورد. از کرت آماده، نمونه‌های دست نخورده به صورت تصادفی تهیه و در آزمایش تست مقاومت فروری انجام گرفت. برای اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات خاک از روش هیدرومتري استفاده شد. ماده آلی خاک از احتراق به روش تر و pH خاک نیز با استفاده از pH متر تعیین شدند. مشخصات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت آزمایش
Table 1. Some of physical and chemical properties of studied soil

| Organic matter (%) | pH | Texture (-) | Silt (%) | Sand (%) | Clay (%) | pb |
|--------------------|-----|-------------|----------|----------|----------|-----|
| 0.85 | 8.2 | Silty Loam | 56.4 | 35.3 | 8.3 | 1.3 |

$$Q = Q_i + (Q_h - Q_i) \left[1 + (\alpha_{Q\theta} \theta)^{n_{Q\theta}} \right]^{-1} \quad (1)$$

که در این رابطه Q مقاومت فروری خاک (MPa)، θ رطوبت حجمی خاک ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)، Q_h و Q_i به ترتیب مرتبط با کم‌ترین (مرطوب) و بیش‌ترین (خشک) مقاومت پیش‌بینی شده خاک (MPa)، $\alpha_{Q\theta}$ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) و $n_{Q\theta}$ (-) پارامترهای برازش مدل مرتبط با نقطه عطف و شیب تابع مقاومت مکانیکی در برابر رطوبت خاک می‌باشند.

تعیین LLWR⁴ به روش داسیلوا

ظرفیت زراعی توسط دستگاه صفحات فشاری تعیین می‌گردد. نمونه‌های اشباع شده در دستگاه صفحات فشاری تحت یک سوم اتمسفر بمدت یک هفته قرار داده شدند. زمانی که از لوله خروجی قطره آبی خارج نشد، نمونه‌ها بیرون آورده شده و توزین می‌شوند و مجدداً در دستگاه صفحات فشاری قرار داده و بعد دو روز مجدداً بیرون آورده و توزین می‌شوند. عمل توزین تا زمانی که وزن نمونه‌ها به حد ثابتی برسد تکرار می‌گردد. در نهایت میزان رطوبت ظرفیت زراعی به روش وزنی محاسبه می‌گردد. پائین‌ترین حدی که رطوبت خاک بتواند قابل استفاده گیاه باشد، نقطه پژمردگی دائم (PWP) است. PWP تابع نوع خاک، دمای هوا، کمبود رطوبت در هوا، توزیع ریشه‌ها در خاک و نوع گیاه می‌باشد. برای تعیین PWP، از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد و رطوبت به روش وزنی محاسبه گردید. رطوبت در تخلخل تهویه‌ای^۴ ۱۰ درصد از رابطه (۲) برای هر

تکرار انجام شد که در مجموع ۴۵ نمونه به صورت تصادفی تهیه شدند. نمونه‌های بدون مالچ (شاهد) مستقیماً از سطح مزرعه به عمق (۰ تا ۲۰) سانتی‌متر و نمونه‌های حاوی مالچ در دو سطح (۱۰ و ۲۰) تن در هکتار معادل (۰/۴ و ۰/۸ درصد خاک) در محیط آزمایشگاه در کرت‌هایی به ابعاد ۱*۲ مترمربع و به عمق ۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. برای هر تیمار یک کرت در نظر گرفته شد و هر کرت به مدت دو ماه هر هفته با روش سطحی

دستگاه ریز فروسنج اتوماتیک

Q خاک توسط ریزفروسنج اتوماتیک^۱ آزمایشگاهی قابل اندازه‌گیری است. ریزفروسنج اتوماتیک با استفاده از نرم‌افزار اختصاصی با نام KMP2 کاربر را قادر می‌سازد با تنظیم عمق و سرعت فروری مخروط در خاک، داده‌های دقیقی از مقاومت فروری نمونه خاک به دست آورد. قطر قابل انتخاب برای قاعده مخروط فروسنج یک تا پنج میلی‌متر می‌باشد. شش سرعت متفاوت از دو تا ۳۰ میلی‌متر در دقیقه برای فروری مخروط فروسنج در نمونه خاک ایجاد شده است. در بخش نتایج در هر ۰/۵ میلی‌متر فروری در خاک، یک داده توسط نرم‌افزار KMP2 ثبت و گزارش می‌شود. جهت اندازه‌گیری منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک، ابتدا نمونه‌های خاک برداشت شده از کرت‌های ایجاد شده در آزمایشگاه (برای سه تیمار از لایه ۱۵-۱۰ سانتی‌متری) به مقادیر مختلف رطوبتی رسانده شدند. برای همگن‌سازی توزیع رطوبت، این نمونه‌های خاک به مدت چهار هفته درون کیسه‌های نایلونی قرار گرفتند. پس از تعادل رطوبتی، مقادیر Q خاک با استفاده از ریزفروسنج اتوماتیک با سرعت فروری برابر 5 mm min^{-1} در سه تکرار با آرایش رؤس یک مثلث بر روی نمونه‌های دست‌نخورده اندازه‌گیری گردید (Asgarzadeh *et al.*, 2014; Asgarzadeh & Mosaddeghi, 2013). مدل منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک با برنامه Solver بر داده‌های اندازه‌گیری شده Q خاک برازش داده شد. برای اندازه‌گیری منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک، از مدل تنظیم شده^۲ ون گنوختن (Van Genuchten, 1980) به صورت معادله (۱) استفاده گردید:

1. Permanent Wilting Point
2. Air-filled porosity (θ_{n10})

1. Automatic Micro Penetrometer
2. Modified

گردیده است. ضریب تبیین (R^2) به دست آمده برای منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک در تیمارهای شاهد، مالچ پته آفتابگردان به مقدار ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار، مقدار بزرگتری است که نشان می‌دهد مدل تنظیم شده ون گنوختن (Van Genuchten, 1980) به خوبی بر داده‌های آزمایشگاهی برازش یافته است (شکل ۱). در شکل ۱ برای هر سه تیمار، Q بحرانی برابر با ۲ MPa مشخص شده است. مقدار Q بحرانی برای تیمارهای شاهد، مالچ پته آفتابگردان ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار به ترتیب در رطوبت‌های حدوداً ۰/۲۸۴، ۰/۲۲ و ۰/۱۹۱ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ایجاد شد که مقادیر این رطوبت‌ها در سه تیمار با یکدیگر متفاوت می‌باشند. مقدار رطوبت در Q بحرانی از تیمار شاهد تا تیمار مالچ پته آفتابگردان ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار، به ترتیب ۶/۴ و ۹/۳ درصد کاهش یافته است. به علاوه این مقدار از تیمار مالچ پته آفتابگردان ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار، ۲/۹ درصد کاهش یافته است. افزودن مواد آلی به خاک به علت ایجاد حالت پوکی سبب کاهش Q خاک می‌شود.

سطح مالچ پته آفتابگردان محاسبه گردید (Da-Silva *et al.*, 1994):

$$\theta_{n10} = \theta_{sr} - 0.1 \quad (2)$$

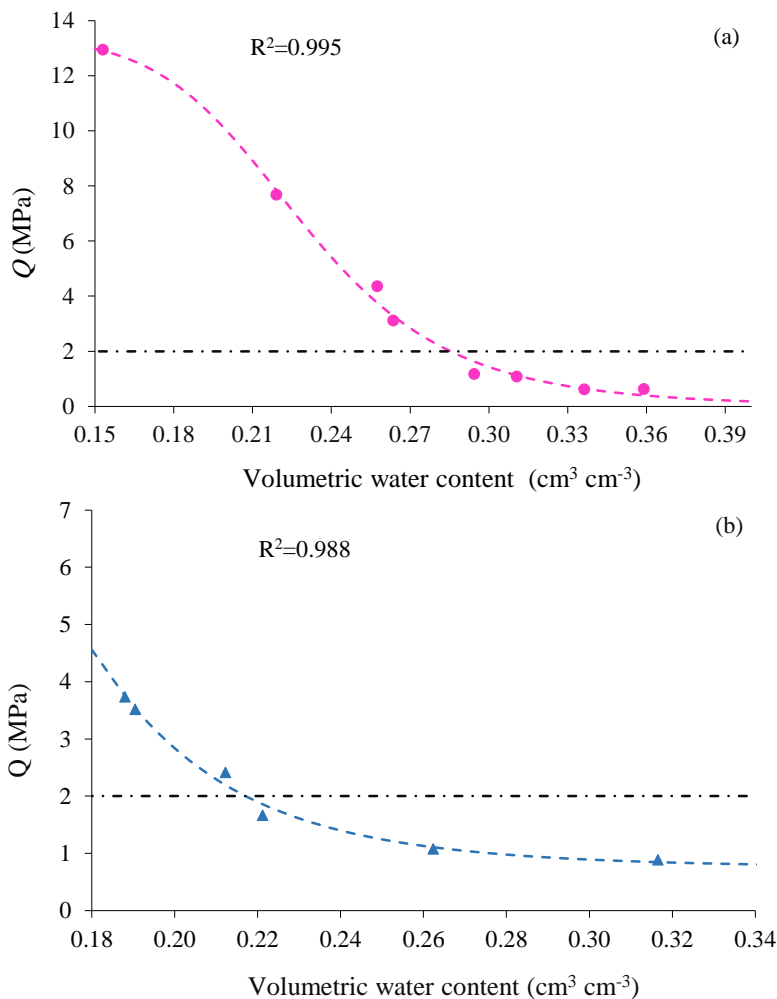
که در این معادله، θ_{n10} رطوبت در تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد و θ_{sr} تخلخل کل می‌باشد.

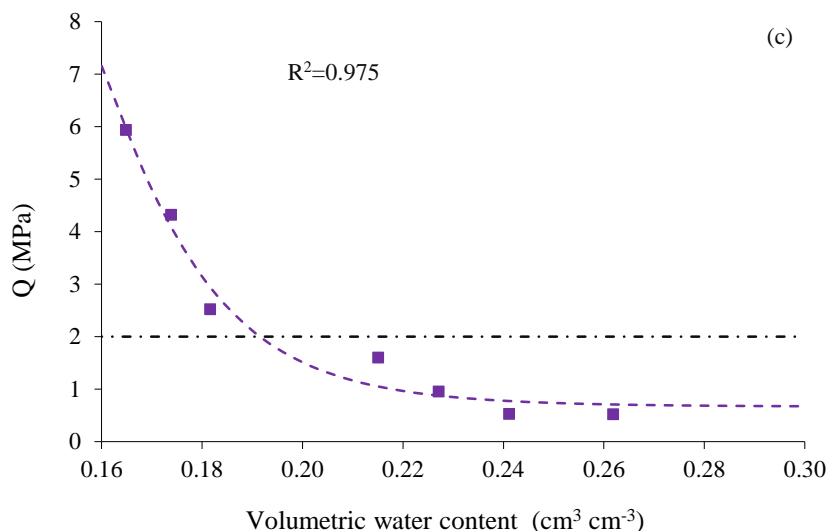
رطوبت در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θ_{Q2}) از منحنی‌های مشخصه مقاومت فروری (Q) خاک (شکل ۱) بدست آمده است. مقدار LLWR برای هر سطح مالچ از چهار رطوبت ذکر شده و روابط ارائه گردیده محاسبه می‌شود.

نتایج و بحث

منحنی مقاومت فروری خاک (Q)

پارامترهای برازش مدل تنظیم شده ون گنوختن (Van Genuchten, 1980) در لایه ۱۵-۱۰ سانتی‌متری (شکل ۱) برای منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک در جدول ۲ ارائه





شکل ۱- برازش مدل تنظیم شده ون گنوختن (Van Genuchten, 1980) بر داده‌های منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک (تیمار شاهد (a)، تیمار مالچ پته آفتابگردان به مقدار ۱۰ تن در هکتار (b) و ۲۰ تن در هکتار (c)). Q_c بحرانی ۲ MPa در نمودار نشان داده شده است

Figure 1. Van Genuchten (1980) adjusted model fit on data of soil penetration resistance curve (a: control treatment, b: treatment of sunflower mulch at the rate of 10 tons per hectare, c: treatment of sunflower mulch at the rate of 20 tons per hectare). 2 Mpa critical Q is shown in the diagram

جدول ۲- پارامترهای برازش مدل تنظیم شده ون گنوختن (Van Genuchten, 1980) بر داده‌های منحنی مشخصه مقاومت فروری خاک

Table 2. The parameters of Van Genuchten (1980) adjusted model fit on data of soil penetration resistance curve

| Treatment | Q_i | Q_h | α_{Q0} | n | R^2 |
|-----------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
| | MPa | | $\text{cm}^{-3} \text{cm}^3$ | (-) | |
| Control (No mulch) | 0.000 | 13.37 | 4.47 | 8.38 | 0.995 |
| Mulch (10 tons per hectare) | 0.747 | 14.99 | 6.54 | 7.78 | 0.988 |
| Mulch (20 tons per hectare) | 0.666 | 15.00 | 6.41 | 12.18 | 0.975 |

پایینی LLWR به ترتیب Θ_{FC} و Θ_{PWP} است و در رطوبت‌های خارج از محدوده (۲۸/۳ و ۱۹/۱۳) رشد گیاه با محدودیت مواجه خواهد شد. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش سطح مالچ و کاهش چگالی ظاهری، حد بالا و پائین (LLWR) با Θ_{FC} و Θ_{PWP} مشخص می‌شود. در مطالعه‌ای صورت گرفته توسط سوزوکی و همکاران (Suzuki *et al.*, 2013) مشاهده شد که در خاکی با چگالی ظاهری بین ۱/۲۵ و ۱/۳ گرم بر سانتی مترمکعب حد بالای LLWR با Θ_{FC} و حد پائین با Θ_{PWP} مشخص می‌شود که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد.

تأثیر سطوح مالچ بر رطوبت حجمی ظرفیت مزرعه، پژمردگی دائم و دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت خاک بر اساس جدول ۳ در شاهد، مقدار حد بالایی و پائینی LLWR به ترتیب Θ_{FC} و Θ_{Q2} است و در رطوبت‌های خارج از محدوده (۳۳/۵ و ۲۸/۴ درصد) رشد گیاه با محدودیت مواجه خواهد شد. در سطح مالچ ۱۰ تن در هکتار مقدار حد بالایی و پائینی LLWR به ترتیب Θ_{FC} و Θ_{Q2} است و در رطوبت‌های خارج از محدوده (۳۱/۰۹ و ۲۲ درصد) رشد گیاه با محدودیت مواجه خواهد شد. در سطح مالچ ۲۰ تن در هکتار مقدار حد بالایی و

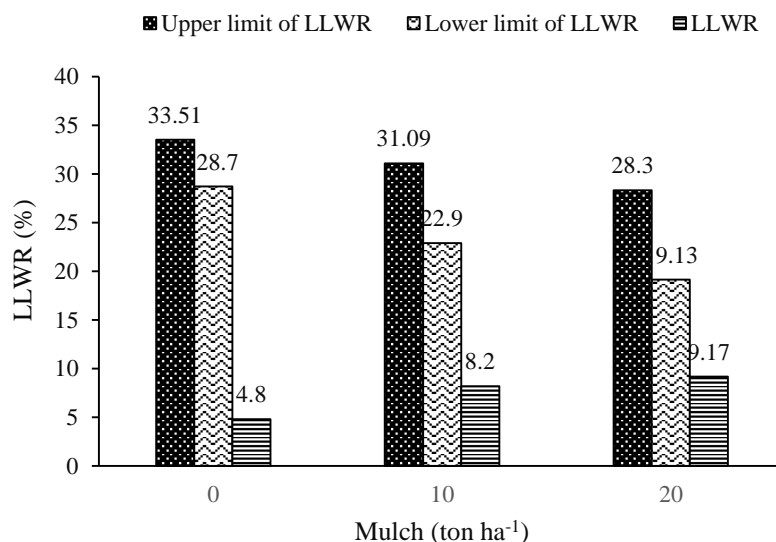
جدول ۳- تأثیر سطوح مالچ بر رطوبت ظرفیت زراعی، پژمردگی دائم، رطوبت با حداقل محدودیت و چگالی ظاهری خاک

Table 3. Effect of mulch levels on field capacity soil moisture, permanent wilting point, least limiting water range (LLWR) and soil bulk density

| Treatment | b ρ (gr cm ⁻³) | LLWR | Θ_{Q2} | PWP Θ (cm ⁻³ cm ³) | Θ_{n10} | FC Θ |
|-----------------------------|------------------------------------|------|---------------|---|----------------|-------------|
| Control (No mulch) | 1.51 | 5.11 | 28.4 | 21.97 | 37 | 33.51 |
| Mulch (10 tons per hectare) | 1.33 | 9.09 | 22.0 | 19.89 | 43.3 | 31.09 |
| Mulch (20 tons per hectare) | 1.19 | 9.17 | 19.1 | 19.13 | 48.2 | 28.30 |

تن مالچ در هکتار دامنه رطوبت با حداقل محدودیت بین Θ_{FC} و Θ_{Q2} است. در سطح ۲۰ تن مالچ در هکتار LLWR بین Θ_{FC} و Θ_{PWP} است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۳ مشاهده می-شود که با افزایش مقدار مالچ در خاک، LLWR به سمت روند طبیعی و نرمال که حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است سوق پیدا می-کند. همچنان که در تیمار شاهد و مقدار مالچ کمتر نیز LLWR از حالت طبیعی خود خارج شده و به سمت مقاومت فروری مایل می-شود. رضایی پور و همکاران نیز در مطالعه خود بیان داشتند که هر چه میزان استفاده از مالچ افزایش یابد ذخیره رطوبتی خاک نیز افزایش خواهد یافت (Rezaeipour *et al.*, 2018). هم-چنان که ملاحظه می-گردد، هر مقدار سطح مالچ افزایش یابد، LLWR میل به محدوده رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت پژمردگی دائم می-نماید.

با افزایش سطح مالچ، دامنه رطوبت با حداقل محدودیت خاک افزایش و چگالی ظاهری کاهش می-یابند. اوهیو و همکاران در مطالعه خود گزارش کردند که کاربرد مواد آلی سبب کاهش چگالی ظاهری می-شود (Olu *et al.*, 1994). این تأثیر به خصوص در خاک‌های سنگین بافت (رسی) که عملیات کشاورزی در آن‌ها در رطوبت‌های بالا و پایین مشکل است باعث سهولت مدیریت خاک می-گردد. سطح مالچ از جمله دلایل کاهش یا افزایش رطوبت حجمی با حداقل محدودیت و چگالی ظاهری خاک است. افزایش چگالی ظاهری سبب فشردگی و افزایش مقاومت مکانیکی خاک می-شود. افزایش سطح مالچ نیز کاهش چگالی ظاهری و مقاومت فروری و نیز افزایش رطوبت حجمی با حداقل محدودیت را به دنبال دارد. تأثیر سطوح مالچ بر حد بالا و حد پایین رطوبت با حداقل محدودیت در شکل ۲ رسم گردیده است. در سطح صفر و ۱۰



شکل ۲- تأثیر سطوح مالچ بر LLWR
Figure 2. Impact of mulch levels on LLWR

نتیجه‌گیری کلی

پته آفتابگردان سبب افزایش دامنه رطوبت با حداقل محدودیت LLWR شده است. دامنه رطوبت با حداقل محدودیت در سطح ۱۰ و ۲۰ تن مالچ در هکتار نسبت به دامنه رطوبت با حداقل محدودیت در سطح شاهد به ترتیب ۳/۸۸ درصد و ۴/۰۶ درصد افزایش یافت. با افزایش سطح مالچ به مقدار ۲۰ تن در هکتار، حد بالا و پایین LLWR با رطوبت حجمی θ_{FC} و θ_{PWP} مشخص می‌شود. در مقادیر کمتر از ۲۰ تن مالچ در هکتار، حد بالا و پایین LLWR با رطوبت حجمی θ_{FC} و θ_{Q2} مشخص می‌شود.

تحقیق حاضر نشان داد که مالچ آلی پته آفتابگردان، مقدار رطوبت حجمی در مقاومت فروروی بحرانی (۲ مگاپاسکال) را کاهش می‌دهد. بطوری که مقدار رطوبت حجمی Q بحرانی در تیمار ۱۰ و ۲۰ تن مالچ در هکتار نسبت به تیمار شاهد (بدون افزودن مالچ) به ترتیب ۶/۴ و ۹/۳ درصد کاهش یافت. با افزایش سطح مالچ مقدار رطوبت حجمی در مقاومت بحرانی کاهش می‌یابد. مالچ

References

- Asgarzadeh H., Mosaddeghi M. 2013. Proposing and evaluating a laboratory method for quick determination of different quantities of soil available water to plant. *Applied Soil Research*, 1(1):37-48. (In Persian)
- Asgarzadeh H., Mosaddeghi M., Dexter A., Mahboubi A., and Neyshabouri M. 2014. Determination of soil available water for plants: Consistency between laboratory and field measurements. *Geoderma*, 226, 8-20.
- Bengough A., Bransby G.M., Hans J., McKenna 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(2): 437-447.
- 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
- Dexter A.R., Richard G., Arrouays D., Czyż E.A., Jolivet C., Duval O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma*, 144(3-4):620-627.
- Khorsand A., Rezaverdinejad V., Asgarzadeh H., and Sadraddini A. 2019. Irrigation scheduling of maize based on plant and soil indices with surface drip irrigation subjected to different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 224-105740.
- Khorsand A., Rezaverdinejad V., Asgarzadeh H., Majnooni-Heris A., Rahimi A., Besharat S., and Sadraddini, A.A. 2021. Linking plant and soil indices for water stress management in black gram. *Scientific Reports*, 11 (1), 1-19.
- Letey J. 1985. Relationship Between Soil Physical Properties and Crop Production. *Advances in Soil Science*, 277-294.
- Ohu J.O., Ekwue E.I., and Folorunso O.A. 1994. The effect of addition of organic matter on the compaction of a Vertisol from northern Nigeria. *Soil Technology*, 7(2): 155-162.
- Rezaeipour Z., Vaezi A., and Babaakbari M. 2018. Investigating the effect of wheat straw mulch on soil water Retention in Rainfed Condition. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(5): 955-964. (In Persian)
- Sirjacobs D., Hanquet B., Lebeau F., and Destain M.F. 2002. On-line soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. *Soil and Tillage Research*, 64(3-4): 231-242.
- Soane B.D., and Van Ouwerkerk C. 1994. *Soil Compaction in Crop Production*. Elsevier Science, 684 P.
- Stiller V. 2009. Soil salinity and drought alter wood density and vulnerability to xylem cavitation of baldcypress (*Taxodium distichum* (L.) Rich.) seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1):164-171.
- Suzuki L., Reichert J.M., and Reinert D.J. 2013. Degree of compactness, soil physical properties and yield of soybean in six soils under no-tillage. *Soil Research*, 51(4) 311-321.
- To J., and Kay B.D. 2005. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma*, 126 (3-4): 261-276.
- Van Genuchten M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44(5) 892-898.
- Whitmore A., Whalley W., Bird N., Watts C., and Gregory A. 2011. Estimating soil strength in the rooting zone of wheat. *Plant and Soil*, 339: 363-375.
- Yusefi A., Farrokhian Firouzi A., and Aminzadeh M. 2020. Numerical simulation of moisture distribution in soil as affected by mulch and shallow saline groundwater. *Applied Soil Research*, 8(3):172-187. (In Persian)
- Zarehaghghi D., Neyshabouri M.R., Gorji M., Monirifar H., and Shorafa M. 2011. Determination of non-limiting water range for seedling growth of pistachio at two levels of soil compaction. *Water and Soil Science*, 22(3): 59-71. (In Persian)

Investigation of the Effect of Sunflower Mulch the Soil Least Limiting Water Range (LLWR)

Noorali Haghdoust Ghahremanloo^{1*}, Vahid Rezaverdinejad², Majid Montaseri³

(Received: January 2021 Accepted: April 2021)

Abstract

It is important to detect the range of soil moisture at which plant growth is associated with the water potential, soil resistance and least limiting water range (LLWR). The present study was conducted to investigate the effect of sunflower mulch at different levels on the subsurface resistance (Q) and on the LLWR in a completely randomized factorial design. Experiments were performed to improve the condition of soil moisture range at three levels of sunflower mulch and five levels of moisture with three replications. Q was measured by a laboratory automatic microprocessor by adjusting the depth and velocity of the device cone in the soil. The moisture content in Q critical for control treatment (without mulch) and treatment with sunflower mulch (10 and 20 tons per hectare) occurred in 28.4%, 22% and 19.1% by volume, respectively. The critical moisture content (Q) of 10 and 20 tons of mulch per hectare treatment decreased by 6.4 and 9.3%, respectively, compared to the control treatment. This decreasing trend means an improvement in the moisture content at critical Q (2 MPa). The moisture content in the Q critical of the 20-tons mulch per ha treatment has decreased by 2.9% compared to the 10-ton mulch treatment per hectare. This means that better results are obtained by increasing the amount of mulch per hectare. The LLWR for control treatment and 10 and 20 tons mulch per hectare was calculated to be 5.11, 9.09 and 9.17% by volume, respectively. This increasing of moisture content in LLWR indicates the positive performance of sunflower mulch.

Key words: Sunflower Mulch, Penetration Resistance, Least Limiting Water Range (LLWR)

Haghdoust Ghahremanloo N., Reazverdinejad V. and Montaseri M. 2022. Investigation of the effect of sunflower mulch the soil Least Limiting Water Range (LLWR). *Applied Soil Research*, 10(1): 46-53.

1-Instructor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2-Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

3-Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

* Corresponding Author Email: n.haghdoust@urmia.ac.ir