



## تأثیر ویژگی‌های خاک بر فراهمی آب در کشتزارهای دیم گندم

علی‌رضا واعظی<sup>۱</sup>، فرشته حق‌شناس<sup>۲\*</sup>

۱- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۲- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

پست الکترونیک نویسنده : fereshtehh74@gmail.com

### چکیده:

ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم از ویژگی‌های کلیدی هیدرولوژیکی خاک هستند که نقش محوری در ارزیابی دسترسی گیاه به آب ایفا می‌کنند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر فراهمی آب برای گندم دیم در کشتزارهای منطقه تهم‌چای زنجان انجام شد. از ۳۰ کشتزار مورد مطالعه، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و ویژگی‌هایی نظیر بافت خاک، ماده آلی، کربنات کلسیم، چگالی ظاهری، پایداری خاکدانه، هدایت هیدرولیکی اشباع، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که همبستگی مثبتی میان نقطه پژمردگی دائم و درصد ذرات رس ( $r = 0/66$ )، درصد کربنات کلسیم معادل ( $r = 0/26$ ) وجود دارد. در مقابل، همبستگی منفی بین نقطه پژمردگی دائم و درصد ذرات شن ( $r = -0/74$ )، سیلت ( $r = -0/72$ ) و سنگریزه ( $r = -0/58$ ) مشاهده می‌شود. سایر ویژگی‌های خاک شامل چگالی ظاهری ( $r = -0/48$ )، پایداری خاکدانه ( $r = -0/51$ ) و هدایت هیدرولیکی اشباع ( $r = -0/60$ ) همبستگی منفی معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان داد که خاک‌های ریزبافت آب بیشتری نگه می‌دارند اما دسترسی گیاه به آن دشوارتر است، در حالی که خاک‌های درشت‌بافت آب را آسان‌تر در اختیار گیاه قرار داده و مقاومت به خشکی را افزایش می‌دهند.

**واژگان کلیدی:** بافت خاک، تنش آبی، خاک‌های نیمه‌خشک، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم.

### مقدمه:

مهم‌ترین عامل خاک که عملکرد محصول را در بسیاری از مناطق تولید غلات کنترل می‌کند، مقدار آب قابل دسترس گیاه است. پیش‌بینی توزیع مکانی آب خاک و در دسترس بودن آن برای گیاهان، کشاورزان را قادر می‌سازد تا تصمیمات تولیدی آگاهانه‌ای بگیرند که سودآوری را به حداکثر برساند (به عنوان مثال: مدیریت مواد مغذی و تاج پوشش گیاهان) تعادل آب و خاک نقش اساسی در بسیاری از فرآیندهایی دارد که بر رشد گیاه و تخریب منابع خاک و آب تأثیر می‌گذارد (Rab et al., 2011). رطوبت خاک در ظرفیت زراعی پس از ۲ تا ۳ روز زهکشی آزاد از حالت اشباع، در مزرعه ایجاد می‌شود. با ادامه خشک شدن خاک و رسیدن به پتانسیل آب خاک ۱۵ بار (۱۵۰۰ کیلو پاسکال)، اکثر گیاهان شروع به پژمردگی می‌کنند؛ بنابراین، رطوبت خاک در این پتانسیل به طور کلی به عنوان نقطه پژمردگی دائم (PWP) پذیرفته می‌شود. مقدار پتانسیل آب خاک که می‌تواند بین FC و PWP نگهداری شود، معیاری است که به طور گسترده برای ظرفیت آب قابل دسترس گیاه در خاک استفاده می‌شود. تفاوت بین رطوبت در FC و PWP معیاری برای حداکثر مقدار آب نگهداری شده در خاک که ممکن است برای رشد گیاه (بسته به میزان و توزیع واقعی بارندگی یا آبیاری) در دسترس باشد، ارائه می‌دهد؛ بنابراین FC و PWP پارامترهای بسیار مهمی برای برنامه‌ریزی آبیاری هستند (Santra et al., 2018).

پژوهشگران در سراسر دنیا مطالعات متعددی را در مورد تأثیر ویژگی‌های خاک بر فراهمی آب در کشتزارهای دیم گندم انجام داده‌اند. Affinni و همکاران (۲۰۲۴) با هدف توسعه یک مدل رگرسیون برای پیش‌بینی نقطه پژمردگی دائم (PWP) در خاک آلفی‌سول پژوهشی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین PWP و بیشتر ویژگی‌های فیزیکی مانند چگالی



ظاهری و تخلخل وجود نداشت؛ فقط میزان سیلت همبستگی مثبتی با PWP از خود نشان داد. اگرچه مدل رگرسیون توسعه یافته تا ۳۰ درصد از واریانس PWP را توضیح داد، اما محققان تأکید کردند که برای پیش‌بینی دقیق‌تر PWP، نیاز به متغیرهای بیشتر و تکنیک‌های پیشرفته‌تری نظیر تحلیل‌های مکانی و یادگیری ماشین وجود دارد. مطالعه‌ای دیگر Verheijen و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیرات بیوچار با اندازه‌های ذرات مختلف و غلظت‌های متفاوت بر چگالی ظاهری (BD) و ظرفیت نگهداری آب (WHC) دو نوع خاک کشاورزی (شنی و لوم شنی) پرداختند. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار منجر به کاهش BD و افزایش حداکثر WHC در هر دو نوع خاک مورد مطالعه شد. همچنین، مشخص گردید که خاک شنی در غلظت‌های پایین‌تر بیوچار واکنش بیشتری نشان داد. در خاک شنی، ذرات کوچک‌تر بیوچار کاهش بیشتری در BD ایجاد کردند، در حالی که در خاک لوم شنی، ذرات بزرگ‌تر تأثیر کاهشی بیشتری بر BD داشتند. تأثیر اندازه ذرات بیوچار بر WHC در این مطالعه به طور واضح مشخص نشد. مطالعه‌ای توسط Tunçay و همکاران (۲۰۱۸) با هدف پیش‌بینی مکانی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم در مناطق نیمه‌خشک و با بهره‌گیری از روش‌های زمین‌آماری (کریجینگ، کوکریجینگ و رگرسیون کریجینگ) صورت پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که روش رگرسیون کریجینگ در پیش‌بینی ظرفیت زراعی عملکرد بهتری ارائه کرد، در حالی که روش کوکریجینگ دقت بالاتری در پیش‌بینی نقطه پژمردگی دائم داشت. Elkheir و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی مدت زمان رطوبت خاک بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی و تأثیر آن بر رشد سه رقم برنج هوازی در سه نوع خاک مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که نوع خاک منطقه ماریس طولانی‌ترین بازه رطوبتی را داشت، اما عملکرد گیاه در آن پایین‌تر بود. بهترین عملکرد رشد در برخی ترکیبات رقم و خاک مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین ارقام در کل وجود نداشت. در مورد شناسایی ویژگی‌های خاک از نظر فراهمی آب در کشتزارهای دیم تحقیقات محدودی انجام شده است. اهمیت این موضوع در کشتزارهای دیم با پوشش ضعیف گیاهی، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک، دوچندان است. این پژوهش با هدف تعیین ویژگی‌های خاک مؤثر در فراهمی آب برای گندم دیم انجام گرفت. از این رو، با انجام این پژوهش و آگاهی از نقش این ویژگی‌ها می‌توان کشتزارهای دیم حساس به تنش آبی را شناسایی کرد. با انجام روش‌های مدیریتی مناسب مانند انتخاب ارقام مقاوم به خشکی، مدیریت بقایای گیاهی و روش‌های شخم حفاظتی، می‌توان خسارات ناشی از کمبود آب در خاک‌های منطقه را به حداقل رساند و عملکرد گندم دیم را افزایش داد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر ویژگی‌های خاک بر میزان دسترسی گندم دیم به آب در حوزه آبخیز تهم‌چای (واقع در ۱۵ کیلومتری شمال غرب زنجان) انجام شد. این منطقه با میانگین دمای سالانه ۱۰٫۹ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش ۲۷۶٫۴ میلی‌متر در سال شناخته می‌شود. خاک‌های این محدوده عمدتاً آهکی و فقیر از نظر ماده آلی هستند و تنوع زیادی در عمق و میزان آهک دارند. بر اساس طبقه‌بندی USDA، اکثر این خاک‌ها از نوع کلسی‌زپت طبقه‌بندی می‌شوند (Vaezi et al., 2017).

### تعیین ویژگی‌های خاک

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از هر یک از ۳۰ کشتزار مورد مطالعه، سه نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک‌شده و برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برای تعیین توزیع اندازه ذرات خاک از روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986) استفاده شد. همچنین، ماده آلی خاک به روش احتراق مرطوب (Walkley and Black, 1934)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش



خنثی‌سازی اسیدکلریدریک نرمال (Sadusky et al., 1987) و درصد سدیم تبادلی (ESP) با روش استات آمونیوم تعیین گردید (Sumner and Miller, 1996). چگالی ظاهری با روش سیلندر فلزی (Black, 1986) تعیین شد. برای این اندازه‌گیری FC و PWP به ترتیب صفحه‌های دستگاه صفحه فشاری و غشای فشاری به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور شدند و نمونه‌های خاکدانه داخل سیلندرهای مخصوص (به قطر ۵ و عمق ۴ و ۱ سانتی‌متر) قرار گرفتند سپس FC به وسیله دستگاه صفحه فشاری در فشار ۰/۳ بار و PWP به وسیله دستگاه غشای فشاری در فشار ۱۵ بار اندازه‌گیری شدند (Klute, 1986).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تعیین ویژگی‌های خاک مؤثر برفراهمی آب، تحلیل‌های آماری و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار اکسل انجام شد.

### نتایج و بحث:

#### ویژگی‌های خاک‌ها

نتایج حاصل از تجزیه ویژگی‌های فیزیکی ۳۰ نمونه خاک مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. میزان شن در نمونه‌های خاک مورد مطالعه، تغییرات قابل توجهی را نشان می‌دهد؛ با این حال، به طور متوسط، ۵۵/۱۹ درصد از این نمونه‌ها را شن تشکیل می‌دهد، در مقابل، میانگین درصد رس در نمونه‌ها حدود ۲۳/۴۸ درصد است. در خصوص ماده آلی که میزان آن در نمونه‌های خاک نسبتاً ثابت و کم است. میانگین چگالی ظاهری خاک‌های مورد بررسی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. این مشخصه فیزیکی همراه با تغییرات قابل ملاحظه در رطوبت ظرفیت زراعی (۱۶/۴۷ درصد) و نقطه پژمردگی دائم (۱۲/۲۲ درصد) بر رژیم رطوبتی در خاک تأثیر می‌گذارد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

ویژگی‌های فیزیکی	کمترین	بیشترین	میانگین
شن (درصد)	۲۶/۰۰	۸۵/۵۰	۵۵/۱۹
سیلت (درصد)	۷/۰۰	۳۷/۰۰	۲۱/۳۲
رس (درصد)	۳/۵۰	۴۰/۰۰	۲۳/۴۸
سنگریزه (درصد)	۲/۲۸	۳۵/۵۴	۹/۰۶
ماده آلی (درصد)	۰/۳۴	۱/۳۸	۰/۷۹
کربنات کلسیم (درصد)	۵/۹۱	۱۴/۶۶	۱۰/۰۰
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۰۷	۱/۸۳	۱/۳۵
پایداری خاکدانه (میلی‌متر)	۰/۶۹	۲/۹۰	۱/۶۱
هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ساعت)	۲/۵۴	۷/۳۰	۴/۲۹
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	۸/۵۶	۶۵/۹۸	۱۶/۴۷
رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد)	۵/۵۹	۲۳/۴۵	۱۲/۲۲

نتایج تأثیر ویژگی‌های خاک بر فراهمی آب به صورت ماتریس همبستگی در جدول ۲ نشان داده شده است. ویژگی‌های خاک بر فراهمی آب اثر می‌گذارد. به طوری که همبستگی مثبتی میان نقطه پژمردگی دائم و درصد ذرات رس ( $r = 0/66$  و  $p < 0/01$ )، درصد کربنات کلسیم معادل ( $r = 0/26$  و  $p < 0/05$ ) وجود دارد؛ با این حال، همبستگی منفی بین نقطه پژمردگی دائم و درصد ذرات شن ( $r = -0/74$  و  $p < 0/01$ )، سیلت ( $r = -0/72$  و  $p < 0/01$ ) و سنگریزه ( $r = -0/58$  و  $p < 0/01$ ) مشاهده می‌شود. افزون بر این، سایر ویژگی‌های خاک شامل چگالی ظاهری ( $r = -0/48$  و  $p < 0/01$ )، پایداری خاکدانه ( $r = -0/51$  و  $p < 0/01$ ) و هدایت هیدرولیکی اشباع



( $p < 0.01$  و  $r = -0.60$ ) تأثیر منفی بر نقطه پژمردگی دائم دارند. نتایج ماتریس همبستگی نشان می‌دهد خاک‌هایی که با بافت ریزتر و محتوای کربنات کلسیم بالاتر، توانایی بیشتری در نگهداری آب دارند و بنابراین نقطه پژمردگی دائم بالاتری را تجربه می‌کنند. در مقابل، خاک‌هایی با بافت درشت‌تر (شن، سیلت و سنگریزه)، چگالی ظاهری بالاتر، پایداری خاکدانه بهتر و هدایت هیدرولیکی اشباع بالا، آب را با نیروی کمتری نگه می‌دارند و نقطه پژمردگی دائم پایین‌تری دارند. این شرایط به گیاهان در این خاک‌ها اجازه می‌دهد تا آب را حتی در رطوبت پایین‌تر نیز جذب کنند و بنابراین مقاومت بیشتری در برابر خشکی از خود نشان می‌دهند (Santra et al., 2018). در پژوهشی Li و همکاران (۲۰۲۴) بیان کردند که پراکنش‌پذیری خاک تأثیر قابل توجهی بر فرسایش پاشمانی دارد. در رطوبت‌های پایین، افزایش پراکنش‌پذیری خاک فرسایش پاشمانی را کاهش می‌دهد، درحالی‌که در رطوبت‌های بالا، آن را افزایش می‌دهد. همچنین، پراکنش‌پذیری خاک باعث کاهش نفوذ آب و افزایش رواناب سطحی می‌گردد که در نتیجه، خطر انتقال ذرات خاک پاشمان شده توسط رواناب افزایش می‌یابد. در تحقیقی که توسط Al-Durrah و Bradford (۱۹۸۲) نتایج نشان دادند که عواملی مانند درصد رس، شدت ماده آلی، مقدار سدیم و شدت نمک‌های محلول خاک بر پاشمان مؤثر هستند و به طور کلی مقاومت برشی خاک بیش‌ترین همبستگی را با شدت پاشمان خاک دارد.

جدول ۲- همبستگی بین فراهمی آب و ویژگی‌های خاک

	Sa	Si	Cl	Gr	BD	MWD	Ks	CaCO <sub>3</sub>	OM	PWP	Fc
Sa <sup>1</sup>	۱										
Si	-۰/۹۱**	۱									
Cl	-۰/۹۵**	۰/۷۳**	۱								
Gr	۰/۶۰**	-۰/۶۰**	-۰/۵۲**	۱							
BD	۰/۴۵**	-۰/۴۵**	-۰/۴۱**	۰/۷۶**	۱						
MWD	۰/۷۰**	-۰/۶۳**	-۰/۶۷**	۰/۴۴**	۰/۳۹**	۱					
Ks	۰/۷۴**	-۰/۶۹**	-۰/۶۸**	۰/۶۵**	۰/۵۲**	۰/۷۲**	۱				
CaCO <sub>3</sub>	-۰/۲۲*	۰/۳۷**	۰/۰۸	-۰/۱۵	-۰/۰۲	-۰/۱۴	-۰/۲۲*	۱			
OM	۰/۲۴*	-۰/۲۴*	-۰/۲۰	-۰/۱۴	-۰/۰۰	۰/۲۸**	-۰/۰۲	۰/۰۳	۱		
PWP	-۰/۷۴**	-۰/۷۲**	۰/۶۶**	-۰/۵۸**	-۰/۴۸**	-۰/۵۱**	-۰/۶۰**	۰/۲۶*	-۰/۰۳	۱	
FC	-۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۰۲	-۰/۱۷	-۰/۰۹	-۰/۰۷	۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۲۱*	۱

\*: معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) و \*\*: معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد ( $p < 0.01$ ) است.

Sa<sup>1</sup>: شن، Si: سیلت، Cl: رس، Gr: سنگریزه، BD: چگالی ظاهری، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه، Ks: هدایت هیدرولیکی اشباع، OM: ماده آلی، CaCO<sub>3</sub>: کربنات کلسیم معادل، PWP: نقطه پژمردگی دائم، FC: ظرفیت زراعی.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بافت خاک، به‌ویژه نسبت ذرات رس و شن، ویژگی‌های مهم در تعیین ظرفیت نگهداری آب و نقطه پژمردگی دائم خاک ایفا می‌کند. خاک‌های ریز بافت و کربنات کلسیم بالاتر، آب بیشتری را نگه می‌دارند اما دسترسی گیاه به آن دشوارتر است، در حالی که خاک‌های با بافت درشت‌تر (شامل درصد بالای شن، سیلت و سنگریزه) و همچنین چگالی ظاهری پایین‌تر، پایداری خاکدانه بالاتر و هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتر، اگرچه ممکن است ظرفیت نگهداری آب پایین‌تری دارند، اما آب موجود در این خاک‌ها حتی در رطوبت‌های پایین‌تر نیز به‌سادگی برای گیاهان قابل‌دسترس است. این شرایط به گیاهان اجازه می‌دهد تا کارایی جذب آب



خود را افزایش داده و در نتیجه، مقاومت بیشتری در برابر تنش خشکی از خود نشان دهند. این نتایج بر اهمیت مدیریت صحیح خاک براساس ویژگی‌های فیزیکی آن برای بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش عملکرد در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأکید می‌کند.

## فهرست منابع

- Affinnih, K., Ahamefule, H., Anwanane, N. (2024). Modelling of permanent wilting point from routine soil properties on a typical alfisol. *Peruvian Journal of Agronomy*, 8(1): 55-68.
- Al-Durrah, M. M., and J. M. Bradford. 1982. Parameters for describing soil detachment due to single waterdrop impact. *Soil Science Society of America Journal* 46(4): 836-840.
- Black, A. L. 1986. Bulk density. In: Editor Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Method. SSSa/ASA. Agronomy Monograph 9.2 Ed 374- 380.
- Gee, G. W., Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5: 383-411.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In: Klute, A. (ed). *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2 nd Ed. Agron. Monog. 9. ASA/SSSA, Madison, WI, PP: 635-662.
- Li, X., H. Fan, F. Xie, B. Lei and G. Ren. 2024. The role of soil dispersivity and initial moisture content in splash erosion: Findings from consecutive single-drop splash tests. *Biosystems Engineering* 243: 27-41.
- Rab, M. A., Chandra, S., Fisher, P. D., Robinson, N. J., Kitching, M., Aumann, C. D., Imhof, M. (2011). Modelling and prediction of soil water contents at field capacity and permanent wilting point of dryland cropping soils. *Soil Research*, 49(5): 389-407.
- Santra, P., Kumar, M., Kumawat, R. N., Painuli, D. K., Hati, K. M., Heuvelink, G. B. M., Batjes, N. H. (2018). Pedotransfer functions to estimate soil water content at field capacity and permanent wilting point in hot Arid Western India. *Journal of Earth System Science*, 127: 1-16.
- Sadusky, M. C., Sparks, D. L., Noll, M. R., Hendricks, G. J. (1987). Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 51(6): 1460-1465.
- Sumner, M. E., Miller, W. P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5: 1201-1229.
- Tunçay, T., Başkan, O., Bayramın, I., Dengiz, O., Kılıç, Ş. (2018). Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semi-arid terrestrial ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(9): 1240-1253.
- Verheijen, F. G., Zhuravel, A., Silva, F. C., Amaro, A., Ben-Hur, M., Keizer, J. J. (2019). The influence of biochar particle size and concentration on bulk density and maximum water holding capacity of sandy vs sandy loam soil in a column experiment. *Geoderma*, 347: 194-202.
- Vaezi, A. R., M. Ahmadi A. Cerdà. 2017. Contribution of raindrop impact to the change of soil physical properties and water erosion under semi-arid rainfalls. *Science of the Total Environment*, 583: 382-392.
- Walkley, A., Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1); 29-38.

### The effect of soil characteristics on water availability in rainfed wheat fields

Alireza Vaezi<sup>1</sup>, Fereshteh Haghshenas<sup>2\*</sup>

- Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.
- Corresponding author and PhD student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. \* Corresponding author: fereshtehh74@gmail.com



## Abstract

Field capacity (and FC) permanent wilting point (PWP) are key hydrological soil properties that play a central role in evaluating plant water availability. This research was conducted to investigate the influence of soil characteristics on water availability for rainfed wheat in the farmlands of the TahamChai region, Zanjan. Soil samples were collected from a depth of 0-30 cm from 30 studied farmlands. Properties such as soil texture, organic matter, calcium carbonate, bulk density, aggregate stability, saturated hydraulic conductivity, FC, and PWP were measured. The results showed a positive correlation between PWP and both clay particle percentage ( $r= 0.66$ ) and calcium carbonate equivalent percentage ( $r= 0.26$ ). In contrast, a negative correlation was observed between PWP and the percentages of sand ( $r= -0.74$ ), silt ( $r= -0.72$ ), and gravel ( $r= -0.58$ ) particles. Other soil properties, including bulk density ( $r= -0.48$ ), aggregate stability ( $r= -0.51$ ), and saturated hydraulic conductivity ( $r= -0.60$ ), also showed significant negative correlations. The results also showed that fine-textured soils hold more water but are more difficult for plants to access, while coarse-textured soils make water more readily available to plants and increase drought resistance. This study emphasizes the importance of understanding soil properties for sustainable water resource management in rainfed agriculture.

**Keywords:** Soil texture, water stress, semi-arid soils, crop capacity, permanent wilting point.