# اثرات تراکم گیاه و تنش خشکی بر پتانسیل آب برگ یونجه (*Medicago sativa* L.) و علف پشمکی (*Bromus tomentellus* Boiss.) و رطوبت وزنی خاک در کشت خالص و مخلوط

سوسن براتی*[۱]، مهدی بصیری[۲]، محمدرضا وهابی[۳] و محمدرضا مصدقی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۲/۰۴

**چکیده**

به منظور بررسی اثرات تراکم گیاه و تنش خشکی بر پتانسیل آب برگ یونجه (*Medicago sativa* L.) و علف پشمکی (*Bromus tomentellus* Boiss.) و رطوبت وزنی خاک، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. ۱۸ تیمار شامل ۳ ترکیب کشت به‌صورت خالص و مخلوط، دو سطح تراکم گیاهی (۲ و ۴ تایی) و سه سطح آبیاری (تنش خشکی کم، متوسط و زیاد ) اعمال گردید. نتایج نشان داد که در هر دو گونه یونجه و علف پشمکی میزان پتانسیل آب برگ در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش خشکی و افزایش تراکم پایه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت. بین گونه‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان پتانسیل آب برگ تفاوت وجود دارد. گونه علف پشمکی در کشت مخلوط و شرایط تنش آبی و رقابت با یونجه، کاهش پتانسیل آب برگ خود را نسبت به یونجه بیش‌تر تحمل می‌کند و مقاومت به خشکی بیش‌تر و نیاز آبی کمتری دارد. همچنین با افزایش عمق خاک، محتوی رطوبتی خاک در تیمار کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص یونجه و کشت خالص علف پشمکی کمتر می‌شود. علف پشمکی با ریشه افشان بیش‌تر رطوبت سطح خاک را استفاده کرده اما گونه یونجه دارای ریشه اصلی است که می‌تواند رطوبت عمق خاک را جذب نماید، بنابراین دو گونه در استفاده از رطوبت خاک، به‌دلیل تفاوت در حجم توسعه ریشه، به‌صورت مکمل عمل کرده و باعث افزایش کارایی کشت مخلوط می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی، پتانسیل آب برگ، رطوبت وزنی خاک، رقابت.

[۱] - دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* نویسنده مسئول: sussan.barati@gmail.com
[۲]- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۳]- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۴]- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

**مقدمه**

رشد جمعیت و نیاز کشور به مواد پروتئینی و لبنی سبب شده است که با برداشت‌های غیراصولی هر ساله از پتانسیل تولید مفید اکوسیستم‌های مرتعی کاسته شود. کشاورزان و دامداران برای رفع نیازهای خود اقدام به شخم مراتع نموده و با تبدیل مراتع به زمین‌های دیم، پس از چند سال بهره‌برداری، به علت از دست رفتن کیفیت تولید آنها را به حال خود رها می‌کنند (۱۶).

از جمله راه‌حل‌های کاربردی برای جلوگیری از روند افزایشی تخریب عرصه‌های مرتعی، تبدیل دیم‌زارهای کم بازده به زراعت علوفه دیم و کاشت گونه‌های علوفه‌ای و مرتعی می‌باشد. برای نیل به این هدف، استفاده از کشت مخلوط گندمیان و بقولات اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۹). گندمیان و بقولات گونه‌های غالب اکثر مراتع ایران می‌باشند و جهت احیاء و علوفه‌کاری در عرصه‌های طبیعی، دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. بقولات با تثبیت بیولوژیک نیتروژن موجب حاصلخیزی خاک می‌شوند و گندمیان نیز نقش مهمی در میزان تولید مرتع و پایداری آن دارند و با مصرف نیتروژن تثبیت‌شده توسط بقولات در موازنه نسبت انرژی به پروتئین نقش دارند (۲). همچنین در طبیعت معمولاً گونه‌ها به تنهایی مشاهده نشده و همواره عرصه‌زیست‌بوم‌های طبیعی را مخلوطی از گونه‌های مختلف که دارای روابط خاصی می‌باشند، تشکیل می‌دهند. از این رو، به منظور اصلاح و توسعه مراتع و بهبود تولید در این اکوسیستم‌ها، لازم است از طبیعت الگوبرداری و از کشت مخلوط دو یا چند گونه استفاده شود (۱۴). بررسی تولیدکنندگی در سیستم‌های کشت مخلوط نشان می‌دهد که محصول ماده خشک بالای سطح زمین به‌طور مثبت با توانایی رقابتی گونه‌های کشت‌شده در ارتباط است (۱۰ و ۲۰) بنابراین، تعیین رقابت بین گونه‌ای برای ارزیابی دقیق تولیدکنندگی سیستم‌های چند کشتی (مخلوط) بسیار مهم خواهد بود (۲۲). گیاهان برای دسترسی به منابع مختلف از جمله نور، آب و مواد معدنی با یکدیگر به رقابت می‌پردازند. این منابع تاثیر مستقیم بر رشد گیاهان دارند. آب علاوه بر تاثیر مستقیم، سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک مرتبط با رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی مانند انتقال مواد غذایی و فعالیت جانداران خاک نیز تحت تاثیر میزان آب خاک قرار می‌گیرند. از این رو از دیرباز اندازه‌گیری مقدار آب خاک و تعیین مقدار آب قابل استفاده خاک برای گیاه مورد توجه پژوهش‌گران بوده است (۳) همچنین آب یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان مرتعی در کشور ما محسوب می‌شود و در نتیجه کمبود آب خشکی بروز می‌کند. بنابراین مساله خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است و آگاهی از چنین پدیده‌ای به تحقیقات وسیعی نیاز دارد (۶). اسکندری و جوانمرد (۱۳۹۲) در ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در الگوهای کشت مخلوط ذرت (*Zea mays*) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*) گزارش کردند محتوای رطوبتی خاک به‌طور معنی داری تحت تاثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت. محتوی رطوبتی خاک در کشت خالص ذرت بیش‌تر از کشت‌های مخلوط بود. بین الگوهای مختلف کشت مخلوط از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (۱۳). وجود تفاوت بین اجزای کشت مخلوط از نظر خصوصیات ریشه‌ای، به‌ویژه عمق ریشه، باعث می‌شود که کشت مخلوط از حجم بیش‌تری از خاک برای جذب آب و با کارایی بالاتر استفاده کند (۱۷).

دو و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی ویژگی‌های خاک تحت تاثیر کشت مخلوط گون بوته‌ای با ریشه عمیق (*Astragalus adsurgens* Pall.) با زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) بیان کردند که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص زردآلو رطوبت در لایه‌های عمیق خاک را کاهش می‌دهد. ایشان بیان کردند ریشه‌های گون در مقایسه با سایر محصولات زراعی در باغ شامل شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و چچم چند ساله (*Lolium perenne* L.) با ریشه‌های کم عمق و توزیع زیاد در لایه‌های بالایی خاک، می‌تواند به اعماق خاک نفوذ کند و مقدار زیادی آب جذب نماید (۱۲).

با توجه به اهمیت گندمیان و بقولات که از خانواده‌های مرتعی غالب اکثر مراتع ایران می‌باشند، گونه‌های یونجه (*M. sativa*) و علف پشمکی (*B. tomentellus*) که دو گونه علوفه‌ای خوشخوراک از گندمیان و بقولات هستند برای این مطالعه انتخاب شدند. به‌طور کلی هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثرات تراکم گیاه و تنش خشکی بر پتانسیل

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

آب برگ یونجه و علف پشمکی و همچنین رطوبت وزنی خاک در کشت خالص و مخلوط می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. بذور گونه‌های یونجه و علف پشمکی در گلدان‌های پلی‌اتیلنی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ متر کشت شدند. درکف گلدان‌ها تا ارتفاع ۱۵ سانتی متری ماسه و سنگریزه ریخته شد. سپس هر گلدان با ۲۵ کیلوگرم خاک یکنواخت که از ۲۰ سانتی متری لایه سطحی یکی از مراتع شهرستان فریدون‌شهر جمع‌آوری شده بود، پرگردید.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد استفاده دارای بافت ریز، کمی قلیایی و غیرشور است. بافت خاک به روش هیدرومتر (۷) تعیین شد. مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه گیری شد (۲۸). آهک معادل به روش تیتراسیون برگشتی با NaOH تعیین شد (۲۶). اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش کجلدال (۹)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۲۳) و پتاسیم قابل جذب با استات آمونیم مولار خنثی (۹) انجام گردید. pH خاک بوسیله دستگاه pH متر (۲۷) و رسانایی الکتریکی خاک با رسانایی‌سنج الکتریکی در عصاره ۱ به ۵ خاک و آب (۲۵) اندازه گیری شد.

**جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده جهت کشت**

| خصوصیت مورد بررسی | رس (٪) | سیلت (٪) | شن (٪) | ماده آلی (٪) | آهک معادل(٪) | N (%) | P (mg/kg) | K (mg/kg) | pH | EC(dS/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میزان | ۴۷/۱ | ۳۵/۵ | ۱۷/۴ | ۱/۶ | ۴۶/۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۴۵۶ | ۷۹۷/۲۸ | ۷/۶۴ | ۰/۸۳۲ |

۱۸ تیمار شامل ۳ ترکیب کشت یونجه و علف پشمکی به صورت خالص و مخلوط، دو تراکم ۲ و ۴ تایی (تعداد بوته در گلدان) و سه سطح آبیاری اعمال گردید. به منظور تعیین تیمارهای آبیاری، ابتدا در آزمایشی جداگانه نقطه پژمردگی دائم (PWP) برای دو گونه یونجه و علف پشمکی به روش بیریگز و شانتز (۸) تعیین گردید. حد ظرفیت زراعی (FC) خاک مورد مطالعه نیز به روش وزنی در آزمایشگاه تعیین گردید. مقدار آب قابل استفاده خاک برای گیاه (PAW) از تفاضل ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) بدست آمد. سطوح PAW ۵٪ ± ۷۵، PAW ۵٪ ± ۵۰ و PAW ۵٪ ± ۲۵ محاسبه گردید و در طول دوره آزمایش به‌ترتیب به عنوان سطوح ۱، ۲ و ۳ تیمارهای آبیاری (تنش خشکی کم، متوسط و زیاد) مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور گلدان‌ها به‌طور منظم وزن می‌شدند و مقدار آب لازم برای رسیدن به هر کدام از سطوح اضافه می‌شد (۲۹). در زمان‌های ۳۳، ۶۴ و ۹۵ روز پس ازاعمال تنش‌های آبیاری، زیتوده شاخ و برگ هر گیاه از ارتفاع ۵ سانتی‌متری در بالای طوقه به‌منظور بررسی عملکرد گونه‌ها برداشت شد. لازم به ذکر است که در ۳ دوره برداشت قبل از قطع و توزین، پتانسیل آب برگ (Leaf Water Potential) گونه‌های یونجه و علف پشمکی به‌وسیله دستگاه بمب فشاری مدل۳۰۰۰ به‌منظور مقایسه اثرات تیمارها بر وضعیت آب گیاه اندازه‌گیری گردید، بدین ترتیب که آخرین برگ کاملاً توسعه یافته را در بمب فشار متصل به کپسول حاوی گاز نیتروژن قرار داده و با بازکردن دریچه کپسول به محض خروج آب یا شیره گیاهی از مقطع بریده شده، میزان فشار که از نظر مقدار (با علامت منفی) برابر پتانسیل آب نمونه گیاهی می باشد، یادداشت گردید (۱۸). در پایان آزمایش، گلدان‌ها به‌صورت طولی باز شدند و از هر گلدان ۴ نمونه خاک از عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰- ۲۰، ۶۰-۴۰ و ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متری به منظور تعیین میزان رطوبت باقی‌مانده خاک برداشته شد. سپس نمونه‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه‌سانتی‌گراد خشک و توزین گردید و مقدار رطوبت وزنی در عمق‌های مختلف تعیین شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد و جهت مقایسه میانگین‌ها، از آزمون توکی در سطح یک درصد استفاده گردید.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

## نتایج

در شکل‌های ۱ تا ۷، کشت خالص یونجه با MM، کشت خالص علف پشمکی با BB، کشت مخلوط دو گونه با MB، تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب با I، II و III، تراکم ۲ و۴ تایی بوته در گلدان با d2 و d4 و پتانسیل آب برگ با LWP نشان داده شده است.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تراکم، نوع کشت، تنش خشکی، اثر متقابل تراکم × نوع کشت، تراکم × تنش خشکی، نوع کشت × تنش خشکی و تراکم × نوع کشت × تنش خشکی بر پارامترهای مورد بررسی به غیر از درصد رطوبت خاک در اعماق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ معنی‌دار است (جداول ۲ و۳).

**پتانسیل آب برگ یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری اول**

مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ دو گونه یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری اول نشان داد که کشت خالص یونجه و کشت خالص علف پشمکی به‌ترتیب دارای کمترین (۲۳/۱- بار) و بیش‌ترین (۱۷/۵- بار) پتانسیل هستند و اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) بین پتانسیل یونجه و پتانسیل علف پشمکی درکشت مخلوط وجود ندارد.

با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت در دسترس گیاهان پتانسیل در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۵/۷-، ۱۹/۰- و ۲۶/۲- بار مشاهده می‌شود.

مقایسه مقادیر پتانسیل دو گونه یونجه و علف پشمکی نشان می‌دهد که پتانسیل آب برگ در هر دو گونه در همه تیمارها با افزایش تراکم گیاهان در گلدان و افزایش رقابت بر سر جذب آب کاهش یافت. در اندازه‌گیری اول بیش‌ترین مقدار پتانسیل (۱۰/۶- بار) مربوط به کشت خالص علف پشمکی با تراکم ۲ تایی و در تنش کم و کمترین مقدار پتانسیل (۳۱/۷- بار) مربوط به کشت خالص یونجه با تراکم ۴ تایی و در تنش زیاد است (شکل ۱).

**جدول ۲: جدول تجزیه واریانس پتانسیل آب برگ (بار) تحت تاثیر تیمارهای تراکم، نوع کشت و تنش خشکی**

| منابع | $LWP_1$ | | $LWP_2$ | | $LWP_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تغییر | df | MS | df | MS | df | MS |
| بلوک | ۳ | ۱۴/۰۰۱$^{**}$ | ۳ | ۰/۸۳ $^{ns}$ | ۳ | ۹/۳۷$^{*}$ |
| تراکم | ۱ | ۱۸۱/۵۰$^{**}$ | ۱ | ۱۰۴/۴۷$^{**}$ | ۱ | ۱۴۰/۱۶$^{**}$ |
| نوع کشت | ۳ | ۱۳۰/۲۵$^{**}$ | ۳ | ۳۵۰/۳۹$^{**}$ | ۳ | ۵۶۴/۸۲$^{**}$ |
| تنش | ۲ | ۹۱۰/۹۳$^{**}$ | ۲ | ۱۷۶۱/۲۰$^{**}$ | ۲ | ۲۳۳۸/۱۹$^{**}$ |
| تراکم × نوع کشت | ۳ | ۵۷/۰۶$^{**}$ | ۳ | ۱۳/۲۲$^{**}$ | ۳ | ۷۳/۹۳$^{**}$ |
| تراکم × تنش | ۲ | ۱۱/۳۰$^{**}$ | ۲ | ۲۸/۷۳$^{**}$ | ۲ | ۳۲/۶۳$^{**}$ |
| نوع کشت × تنش | ۶ | ۲۶/۴۸$^{**}$ | ۶ | ۷۸/۹۱$^{**}$ | ۶ | ۸۷/۳۳$^{**}$ |
| تراکم × نوع کشت × تنش | ۶ | ۸/۰۵$^{**}$ | ۶ | ۸/۰۱$^{**}$ | ۶ | ۲۷/۳۱$^{**}$ |
| خطا | ۶۹ | ۲/۱۷ | ۶۹ | ۲/۵۱ | ۶۹ | ۲/۸۸ |

$^{*}$،$^{**}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ ، $^{ns}$ غیر معنی‌دار

**جدول ۳: جدول تجزیه واریانس رطوبت خاک (درصد) در عمق‌های مختلف تحت تاثیر تیمارهای تراکم، نوع کشت و تنش خشکی**

| منابع | ۲۰-۰ | | ۴۰-۲۰ | | ۶۰-۴۰ | | ۸۰-۶۰ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تغییر | df | MS | df | MS | df | MS | df | MS |
| بلوک | ۳ | ۱/۹۳ $^{ns}$ | ۳ | ۲/۰۸ $^{ns}$ | ۳ | ۰/۱۷ $^{ns}$ | ۳ | ۰/۲۲ $^{ns}$ |
| تراکم | ۱ | ۵۵/۸۶$^{**}$ | ۱ | ۸۶/۰۷$^{**}$ | ۱ | ۱۲۳/۰۲$^{**}$ | ۱ | ۳۲/۸۷$^{**}$ |
| نوع کشت | ۲ | ۱۷/۱۹$^{**}$ | ۲ | ۶/۶۲ $^{ns}$ | ۲ | ۲۰/۸۱$^{**}$ | ۲ | ۵۹/۲۹$^{**}$ |
| تنش | ۲ | ۴۵۱/۵۱$^{**}$ | ۲ | ۴۱۷/۱۰$^{**}$ | ۲ | ۲۲۷/۲۴$^{**}$ | ۲ | ۱۵۳/۲۰$^{**}$ |
| تراکم × نوع کشت | ۲ | ۰/۲۶ $^{ns}$ | ۲ | ۵۱/۰ $^{ns}$ | ۲ | ۲/۱۰$^{*}$ | ۲ | ۵/۰۹$^{**}$ |
| تراکم × تنش | ۲ | ۱/۶۵ $^{ns}$ | ۲ | ۰/۰۰۳ $^{ns}$ | ۲ | ۰/۶۸ $^{ns}$ | ۲ | ۳/۳۶ $^{**}$ |
| نوع کشت × تنش | ۴ | ۵/۸۸$^{*}$ | ۴ | ۸/۷۴$^{*}$ | ۴ | ۳/۸۰$^{**}$ | ۴ | ۲/۹۳$^{**}$ |
| تراکم × نوع کشت × تنش | ۴ | ۰/۱۲ $^{ns}$ | ۴ | ۲/۶۳ $^{ns}$ | ۴ | ۳/۶۰$^{**}$ | ۴ | ۳/۱۰$^{**}$ |
| خطا | ۵۱ | ۱/۹۷ | ۵۱ | ۲/۷۷ | ۵۱ | ۰/۶۲ | ۵۱ | ۰/۲۴ |

$^{*}$،$^{**}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ ، $^{ns}$ غیر معنی‌دار

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

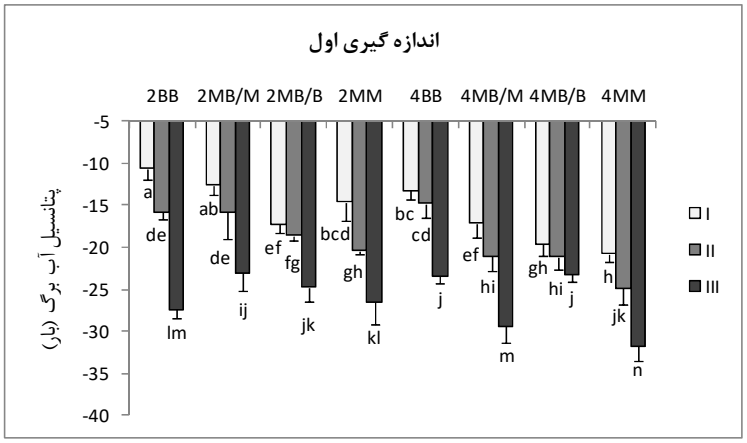
**پتانسیل آب برگ یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری دوم**

مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ گونه‌های مورد مطالعه در اندازه‌گیری دوم نشان داد که یونجه نسبت به علف پشمکی در کشت خالص و علف پشمکی نسبت به یونجه در کشت مخلوط دارای پتانسیل کمتری می‌باشد به‌طوریکه مقادیر ۲۶/۰-، ۲۲/۷-، ۱۹/۹- و ۱۷/۲- بار به‌ترتیب در یونجه در کشت خالص، علف پشمکی در کشت مخلوط، یونجه در کشت مخلوط و علف پشمکی در کشت خالص دیده می‌شود.

میزان پتانسیل در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۴/۹-، ۱۹/۸- و ۲۹/۵- بار مشاهده می‌شود. با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴، پتانسیل آب برگ در هر دو گونه در همه تیمارها کاهش یافت. در اندازه‌گیری دوم بیش‌ترین مقدار پتانسیل (۹/۶- بار) مربوط به کشت خالص علف پشمکی با تراکم ۲ تایی و در تنش کم است و کمترین پتانسیل با مقادیر ۳۸/۵- و ۳۹/۲- بار در گونه یونجه و در تنش زیاد و به‌ترتیب در تراکم ۴ و ۲ تایی دیده می‌شود (شکل ۲).

**پتانسیل آب برگ یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری سوم**

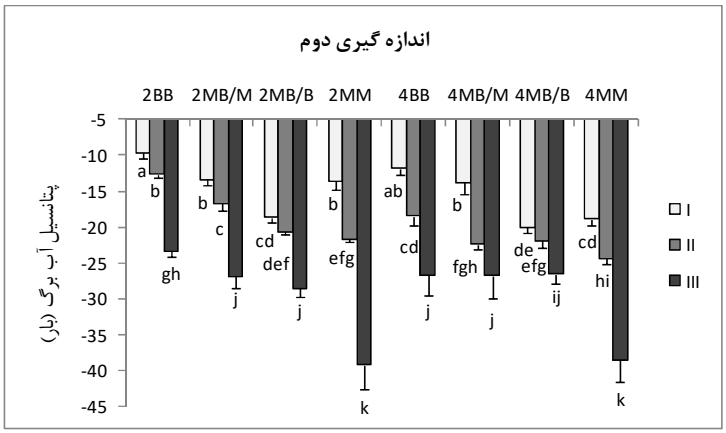
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اندازه‌گیری سوم مانند اندازه‌گیری دوم یونجه نسبت به علف پشمکی در کشت خالص و علف پشمکی نسبت به یونجه در کشت مخلوط دارای پتانسیل کمتری می‌باشد. به‌طوریکه مقادیر ۲۸/۲-، ۲۱/۴-، ۱۹/۲- و ۱۷/۱- بار به‌ترتیب در یونجه در کشت خالص، علف پشمکی در کشت مخلوط، یونجه در کشت مخلوط و علف پشمکی در کشت خالص دیده می‌شود. میزان پتانسیل در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۴/۰-، ۱۹/۶- و ۳۰/۸- بار مشاهده می‌شود. با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴ پتانسیل آب برگ در هر دو گونه در همه تیمارها کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار پتانسیل (۸/۶- بار) مربوط به کشت خالص علف پشمکی با تراکم ۲ تایی و در تنش کم است و کمترین پتانسیل با مقادیر۴۲/۵- و ۴۳/۲- بار در گونه یونجه و در تنش زیاد و به‌ترتیب در تراکم ۴ و ۲ تایی دیده می‌شود (شکل ۳).



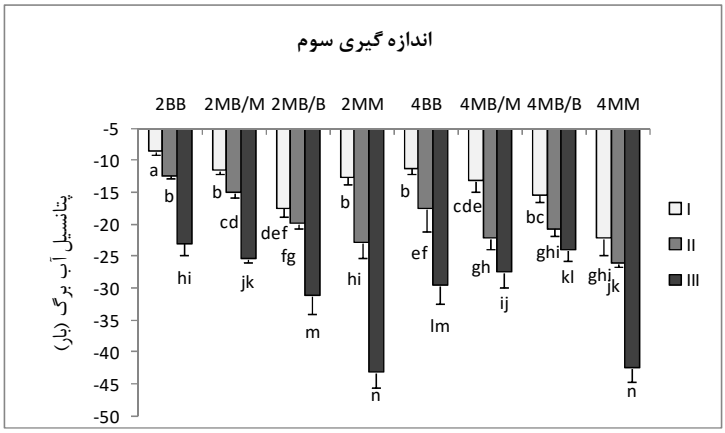

**شکل ۱: مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ در گونه‌های یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری اول در تیمارهای مختلف (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)**

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]




**شکل ۲: مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ در گونه‌های یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری دوم در تیمارهای مختلف** (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)




**شکل ۳: مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ در گونه‌های یونجه و علف پشمکی در اندازه‌گیری سوم در تیمارهای مختلف** (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)

**رطوبت وزنی خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر**

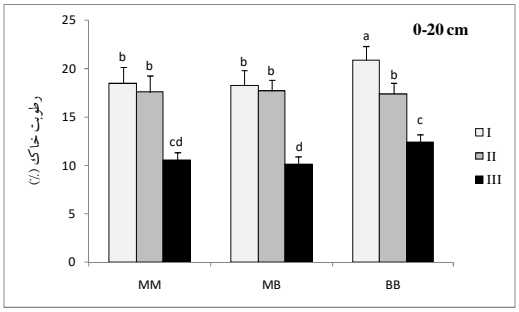
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر متقابل نوع کاشت × تنش بر رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری معنی‌داراست (جدول ۳). مقایسه میانگین رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری نشان داد که کشت خالص علف پشمکی دارای بیش‌ترین رطوبت (۱۶/۸۵ درصد) می‌باشد و اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) بین رطوبت خاک در کشت خالص یونجه و کشت مخلوط وجود ندارد. همچنین رطوبت خاک در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۷/۱۹،۵/۲ و ۱۰/۱ درصد مشاهده می‌شود. بیش‌ترین مقدار رطوبت (۲۰/۸ درصد) مربوط به کشت خالص علف پشمکی در تنش کم و کمترین مقدار رطوبت (۱۰/۱ درصد) مربوط به کشت مخلوط در تنش زیاد است (شکل ۴).

**رطوبت وزنی خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر**

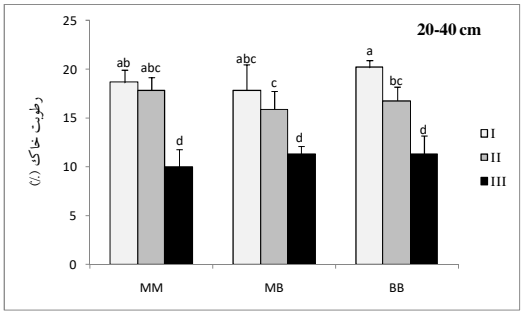
تجزیه واریانس داده‌های رطوبت خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر نشان داد که همانند عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری تنها اثر متقابل نوع کاشت × تنش بر رطوبت خاک معنی‌داراست (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری($p<0/05$) بین رطوبت خاک در کشت خالص یونجه، کشت خالص علف پشمکی و کشت مخلوط وجود ندارد. رطوبت خاک در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر۱۸/۸، ۱۶/۸ و ۱۰/۸ درصد مشاهده می‌شود. بیش‌ترین مقدار رطوبت

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

(۲۰/۱ درصد) مربوط به کشت خالص علف پشمکی در تنش کم و کمترین مقدار رطوبت (۹/۹ درصد) مربوط به کشت خالص یونجه در تنش زیاد بود (شکل ۵).




**شکل ۴: مقایسه میانگین رطوبت خاک گلدان‌ها در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر در تیمارهای مختلف** (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)




**شکل ۵: مقایسه میانگین رطوبت خاک گلدان‌ها در عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متر در تیمارهای مختلف** (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)

**رطوبت وزنی خاک در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متر**

مقایسه میانگین رطوبت خاک در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متری نشان داد که کشت خالص علف پشمکی دارای بیش‌ترین رطوبت (۱۴/۶ درصد) می‌باشد و اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بین رطوبت خاک در کشت خالص یونجه و کشت مخلوط وجود ندارد. همچنین رطوبت خاک در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت به طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۶/۷، ۱۳/۴ و ۱۰/۶ درصد مشاهده می‌شود. با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴ رطوبت خاک در همه تیمارها کاهش یافت. بیش‌ترین رطوبت با مقادیر ۱۹/۲ و ۱۸/۱ درصد به‌ترتیب در کشت خالص علف پشمکی و کشت مخلوط در تراکم ۲ تایی و تنش کم دیده می‌شود و کمترین مقدار رطوبت (۹/۳) مربوط به کشت خالص یونجه با تراکم ۴ تایی و در تنش زیاد است (شکل ۶).

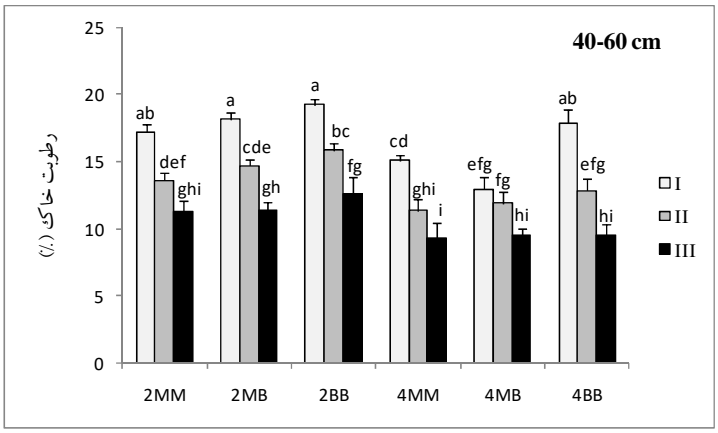
**رطوبت وزنی خاک در عمق ۸۰-۶۰ سانتی‌متر**

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقادیر ۱۳/۶، ۱۱/۸ و ۱۰/۵ درصد رطوبت از زیاد به کم با اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) به‌ترتیب درکشت خالص علف پشمکی، کشت خالص یونجه و کشت مخلوط دیده می‌شود. رطوبت خاک در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت به‌طوری‌که در تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب مقادیر ۱۴/۷، ۱۱/۶ و ۹/۷ درصد مشاهده می‌شود. با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴ رطوبت خاک در همه تیمارها کاهش یافت.

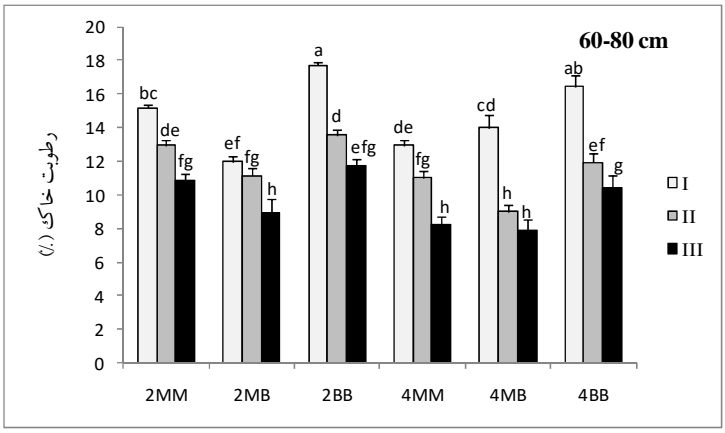
بیش‌ترین مقدار رطوبت (۱۷/۷ درصد) مربوط به کشت خالص علف پشمکی با تراکم ۲ تایی و در تنش کم است و کمترین مقدار رطوبت (۷/۸ درصد) مربوط به کشت مخلوط با تراکم ۴ تایی و در تنش زیاد می‌باشد (شکل ۷).

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]




**شکل ۶: مقایسه میانگین رطوبت خاک گلدان‌ها در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متر در تیمارهای مختلف (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)**




**شکل ۷: مقایسه میانگین رطوبت خاک گلدان‌ها در عمق ۸۰-۶۰ سانتی‌متر در تیمارهای مختلف (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.)**

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، در شرایط تنش آبی و افزایش تراکم گیاهی پاسخ دو گونه یونجه و علف پشمکی از لحاظ پتانسیل آب برگ یکسان می باشد. طبق نتایج بدست آمده بین گونه‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان LWP تفاوت وجود دارد که نشان می‌دهد گونه‌های مختلف نسبت به تنش آبی و رقابت بر سر رطوبت، واکنش متفاوتی دارند. نتایج این پژوهش حاکی از این است که گونه علف پشمکی در کشت مخلوط و شرایط تنش آبی و رقابت با یونجه، کاهش پتانسیل آب برگ خود را نسبت به یونجه بیش‌تر تحمل می‌کند و مقاومت به خشکی بیش‌تر و نیاز آبی کمتری دارد.

جوریو و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه وضعیت آب برگ گیاه زیتون تحت تنش خشکی دریافتند که رابطه مثبت و خوبی بین میزان پتانسیل آب برگ و رطوبت خاک وجود دارد (۱۵).

درایوس و اورت (۱۹۸۸) با مطالعه گیاهان تحت تنش کم آبی نتیجه گرفتند که گونه‌های گیاهی هنگامی‌که تحت تنش آبی قرار می‌گیرند LWP آنها کاهش می یابد و میزان کاهش آن در ارتباط با میزان کاهش پتانسیل آب خاک است (۱۱). اورتونو و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش دادند که اولین عکس العمل گیاه به تنش کم آبی کاهش LWP و تبادلات گازی روزنه‌ها می باشد که نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (۱۱، ۱۵ و ۲۴).

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

بر اساس نتایج این پژوهش، با افزایش عمق خاک (قابل تعمیم به عرصه‌های طبیعی)، محتوی رطوبتی خاک در تیمار کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص یونجه و کشت خالص علف پشمکی کمتر می‌شود. علف پشمکی با ریشه افشان بیش‌تر رطوبت سطح خاک را استفاده کرده اما گونه یونجه دارای ریشه اصلی است که می‌تواند رطوبت عمق خاک را جذب نماید، بنابراین دو گونه در استفاده از رطوبت خاک، به دلیل تفاوت در حجم توسعه ریشه، به‌صورت مکمل عمل کرده و باعث افزایش کارایی کشت مخلوط می‌شوند.

کشت‌های مخلوط به دلیل سیستم ریشه‌ای فشرده‌تر قادرند آب را از لایه‌های خاک جذب کنند و باعث شوند خاک‌رخ در مقایسه با کشت خالص خشک‌تر شود. آهلاوات و آهاراما (۱۹۸۵) گزارش دادند که در کشت مخلوط گندم و عدس، تفاوت اجزای کشت مخلوط از نظر خصوصیات ریشه‌ای، باعث افزایش کارایی استفاده از آب و افزایش عملکرد شد (۱).

نتایج نشان داد که همزیستی بین گیاهان در یک حالت تعادلی بین اثرات مثبت و منفی قرار دارد که شدت و ضعف روابط بین آنها تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر تنش خشکی (۲۱ و ۲۹) ، عوامل مجاورتی مانند تراکم گیاهی (۴ و ۵) و عوامل بیولوژیکی مانند چرای علفخواران تغییر می‌کند. علاوه بر این عوامل، پارامترهای دیگری از قبیل آللوپاتی، نسبت گونه‌ای و نوع مدیریت هم می‌تواند تاثیر بسزایی بر روابط متقابل بین آنها داشته باشد. با شناخت عوامل مؤثر بر کنش‌های تسهیل و رقابت و چگونگی وقوع این روابط بین گونه‌ها، از اطلاعات به‌دست آمده می‌توان برای حفظ و نگهداری گونه‌های مرتعی، پیش‌گویی روند تغییرات پوشش گیاهی و احیاء و مدیریت اکوسیستم‌های مرتعی استفاده نمود.

**References**


1. Ahlawat, I.P.S., A. Singh & R. P. Sharma, 1985. Water and nitrogen management in wheat-lentil intercropping system under late-sown conditions. The Journal of Agricultural Science, 105(3):697-701.
2. Akhavan Armaki, M., M. Hashemi & H. Azarnivand, 2013. Physiological and morphological responses of three Bromus species to drought stress at seedling stage and grown under germinator and greenhouse conditions. African Journal of Plant Science, 7(5):155–161.
3. Asgarzadeh, H., M. R. Mosaddeghi., A. A. Mahboubi., A. Nosrati & A. R. Dexter, 2010. Soil water availability for plants as quantified by conventional available water, least limiting water range and integral water capacity. Plant and Soil, 335:229–244.
4. Barati, S., M. Bassiri., M. R. Vahabi., M. R. Mosaddeghi & M. Tarkesh, 2015. Yield evaluation of Medicago sativa L. and Bromus tomentellus Boiss. in mono-cropping and intercropping. Journal of Rangeland, 8(4):318-327. (In Persian).
5. Barati, S., M. Bassiri., M. R. Vahabi., M. R. Mosaddeghi & M. Tarkesh, 2016. Effects of mono-cropping and intercropping on protein content of Medicago sativa L. and Bromus tomentellus Boiss. and some soil elements. Journal of Rangeland, 10(2):135-143. (In Persian).
6. Bassiri, M., S. Fatemi., M. R. Vahabi & H. Yeganeh, 2010. Interaction effects of water stress and harvest intensity and frequency on productivity of Atriplex lentiformis (Torr.) S. Wats and Nitraria schoberi L. Journal of Rangeland, 4(2):276-287. (In Persian).
7. Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particles size analyses of soils. Agronomy Journal, 54(5):464–465.
8. Briggs, L. J. & H. L. Shantz., 1912. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. USDA Bureau of Plant Industry Bull, Government Printing Office: Washington, DC, p.
9. Chapman, H. D. & P. F. Pratt., 1982. Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters. Agriculture & Natural Resources, University of California, p.
10. Diebel, P.L., J.R. Williams & R. V. Llewelyn, 1995. An economic comparison of conventional and alternative cropping systems for a representative northeast Kansas farm. Applied Economic Perspectives and Policy, 17(3):323–335.
11. Drivas, E. P. & R. L. Everett., 1988. Water relations characteristics of competing singleleaf pinyon seedlings and sagebrush nurse plants. Forest Ecology and Management, 23(1):27-37.
12. Du, S., G. Bai & J. Yu, 2015. Soil properties and apricot growth under intercropping and mulching with erect milk vetch in the loess hilly-gully region. Plant and Soil, 390:431–442.


[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]

13. Eskandari, H. & A. Javanmard., 2014. Evaluation of Forage Yield and Quality in Intercropping Patterns of Maize (Zea mays) and Cow pea (Vigna sinensis). . Journal of agricultural science and sustainable, 23(4):101-110. (In Persian).
14. Ghaderi, G.R., A. Gazanchian & M. Yousefi, 2008. The forage production comparison of alfalfa and wheatgrass as affected by seeding rate on mixed and pure cropping. Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 15(2): 256-268. (In Persian).
15. Giorio, P., G. Sorrentino & R. d'Andria, 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. Environmental and Experimental Botany, 42(2):95-104.
16. Jafari, A.A., 2005, The role of grasses and legumes in forage production 1th national conference of Forage plants, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj.
17. Jolliffe, P.A. & F.M. Wanjau., 1999. Competition and productivity in crop mixtures: some properties of productive intercrops. The Journal of Agricultural Science, 132(4):425-435.
18. Kramer, P.J. & J. S. Boyer., 1995. Water relations of plants and soils. Academic press, New York, p.
19. Launay, M., Brisson, N. , S. Satger, H. Hauggaard-Nielsen, G. Corre-Hellou, E. Kasynova, R. Ruske, E. S. Jensen & M. J. Gooding., 2009. Exploring options for managing strategies for pea–barley intercropping using a modeling approach. European Journal of Agronomy, 31:85-98.
20. Li, L., J. Sun., F. Zhang., X. Li., S. Yang & Z. Rengel, 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research, 71:123-137.
21. Maghamnia, A., M. Jangju., P. Abrishamchi & H. Ejtehadi, 2010. Physiological ecology aspects of facilitation and competition between Artemisia khorassanica Podl. and Bromus kopetdaghensis Drobov., 4(2):308-319. (In Persian).
22. Nachigera Mushagalusa, G., J. F. Ledent & X. Draye, 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany, 64(2):180–188.
23. Olsen, S.R., C.V. Cole., F.S. Watanabe & L.A. Dean. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USDA Circ. .
24. Ortuño, M. F., J. J. Alarcón., E. Nicolás & A. Torrecillas, 2004. Interpreting trunk diameter changes in young lemon trees under deficit irrigation. Plant Science, 167(2):275-280.
25. Rhoades, J. D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids Pages 417–436 in Sparks, D. L.Page, A. L.Helmke., P.A. Loeppert., R. H.Soltanpour., P.N. Tabatabai., M.A. Johnston., C.T & Sumner, M. E., editors. Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, WI, USA.
26. Sims, J. T., 1996. Lime requirement. Pages in editors. Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, WI, USA. Pages 491–515 in Sparks, D. L.Page, A. L.Helmke, P. A..Loeppert, R. H.Soltanpour, P.N. Tabatabai, M. A. Johnston, C. T. & Sumner, M. E., editors. Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, WI, USA.
27. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. Pages 475–490 in Sparks, D. L.Page, A. L.Helmke, P. A.Loeppert, R. H.Soltanpour, P. N.Tabatabai, M. A.Johnston, C. T. and Sumner, M. E., editors. Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, WI, USA.
28. Walkley, A. & I.A. Black., 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration. Soil Sci. 37:. Soil Science, 37:29–38.
29. Xu, B. C., W. Z. Xu., Z. J. Gao., J. Wang & J. Huang, 2013. Biomass production, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under different water supply and fertilization treatments. Ecological Research, 28(5): 781-792.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7 ]