

مدلهای تجربی پیش بینی کننده تاثیر عوامل محیطی بر روی پتانسیل آب برگ لیمو<sup>۱</sup> شیرین

سید محمود کاشفی پور و علیرضا سپاسخواه

عضو هیات علمی گروه آبیاری مجتمع عالی رامین و استاد بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ وصول پانزدهم فروردین ماه ۱۳۷۲

### چکیده

اثر عوامل محیطی مختلف از جمله پتانسیل آب خاک<sup>۲</sup> ( $\psi_s$ ، کیلو پاسکال)، کمبود فشار بخار<sup>۳</sup> (VPD، کیلو پاسکال)، اختلاف دمای پوشش سبز و هوا<sup>۴</sup> ( $T_c - T_a$ ، سانتیگراد) بر روی پتانسیل آب برگ ( $\psi_l$ ، مگاپاسکال) لیمو شیرین با آبیاری قطره‌ای بررسی گردید. پتانسیل آب برگ حساسیت زیادی نسبت به پتانسیل آب خاک به علت تغییرات کم رطوبت خاک در دور کوتاه آبیاری نشان داد. حال آنکه پتانسیل آب برگ نسبت به کمبود فشار بخار که یکی از عوامل موثر در تعرق و از دست دادن آب گیاه می‌باشد، حساسیت زیادی را نشان داد. رابطه بین پتانسیل آب برگ و پتانسیل آب خاک به صورت خطی با ضریب همبستگی ( $r = 0.503$ ) بوده ( $\psi_s = 0.084 \psi_l$ ) در حالی که رابطه بین پتانسیل آب برگ و کمبود فشار بخار به صورت معادله درجه دوم ( $VPD = 0.726 - (VPD)^2 = 0.0706 \psi_l$ ) با ضریب همبستگی  $0.789$  بدست آمد. بین پتانسیل آب برگ و اختلاف دمای پوشش سبز و هوا معادله درجه دوم ( $9/8 \psi_l + 11/53 \psi_l^2 + 2/187 (T_c - T_a) = 0.593$ ) با ضریب همبستگی  $0.593$  حاصل شد در حالی که رابطه خطی چند متغیره بین پتانسیل آب برگ، کمبود فشار بخار، اختلاف دمای پوشش سبز و هوا و پتانسیل آب خاک با ضریب همبستگی  $0.837$  بدست آمد ( $0.36 - (T_c - T_a) - 0.075 (VPD) - 0.262 \psi_s = 0.036$ ) بین نمایه تنش آبی گیاه<sup>۵</sup> (CWSI) و پتانسیل آب برگ رابطه خطی با ضریب همبستگی  $0.46$  حاصل شد ( $1/425 - (CWSI) - 1/614 \psi_l = 0.425$ ) و زمانی که متغیر کمبود فشار بخار نیز در مدل وارد گردید، ضریب همبستگی به  $0.801$  افزایش یافت ( $0.86 - (VPD) - 0.141 (CWSI) - 1/35 \psi_l = 0.86$ ).

### مقدمه

تغییرات پتانسیل آب آن می‌گردد. در هنگام روز که گیاه تعرق می‌نماید و آب خود را از دست می‌دهد پتانسیل آب در آن کاهش یافته (مکش آب در گیاه زیاد می‌گردد) و در طول شب که عمل تعرق متوقف می‌شود جذب آب توسط گیاه از محیط خاک، پتانسیل آب در

پتانسیل آب اندامهای مختلف گیاهی یکسانی از عکس العمل‌های حیاتی گیاه در برابر شرایط مختلف محیطی از جمله نور، دما، رطوبت نسبی، مقسدار و کیفیت آب خاک می‌باشد. تغییرات آب در گیاه باعث

1- Leaf water potential 2- Soil water potential 3- Vapor pressure deficit  
4- Canopy-air temperature difference 5- Crop water stress index

اندامهای آن افزایش می‌یابد (۹) برگ‌گیاه کسه مستقیماً " در برابر تابش خورشید واقع شده و از آنجا تعرق صورت می‌گیرد حساسیت بیشتری را نسبت به کم آبی نشان داده و نوسانات پتانسیل آب در آن زیاد است. به همین دلیل معمولاً " برای بررسی وضعیت آب در گیاه به عنوان يك شاخص انتخاب می‌گردد. در ساعات گرم روز که رطوبت نسبی کم، دما زیاد و در نتیجه کمبود فشار بخار هوا زیاد است، تعرق با شدت زیادی از روزنه‌های گیاهی صورت گرفته و پتانسیل آب در برگ به مقدار زیادی کاهش می‌یابد و چون جذب آب توسط ریشه با سرعت کمتری انجام می‌گیرد، لذا گیاه دچار خشکی موقت در نیم روز می‌گردد. کاهش شدیدی پتانسیل آب برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق می‌گردد، بدین شکل گیاه در برابر از دست دادن آب مقابله می‌نماید (۹). در مقاله حاضر سعی شده است اثر عوامل محیطی مختلف بر روی پتانسیل آب برگ لیمو شیرین بررسی گردد.

#### مروری بر تحقیقات انجام شده:

کمبود آب خاک باعث کاهش جذب آب توسط گیاه و در نتیجه کاهش پتانسیل آب در آن می‌گردد. کاهش پتانسیل آب در گیاه با شاخصی تحت عنوان نمایه تنش آبی ارتباط دارد. ارتباط این دو در گیاهان مختلف توسط محققین بررسی شده است. تغییرات دو عامل مذکور بستگی به مقدار آب در آوندهای گیاهی داشته و رابطه آنها بوسیله بعضی محققین از جمله پینتر و رجینتو (۱۲)، برای پنبه، هاول و همکاران (۴) برای پنبه و سپاسخواه و همکاران (۱۴) برای چغندر قند به صورت خطی و توسط بعضی محققین از جمله

ایدسو و همکاران (۴) برای یونجه به صورت غیر خطی گزارش شده است. پتانسیل آب برگ بصورت تابعی از متغیرهای مختلف مانند نمایه تنش آبی گیاه، سن گیاه و کمبود فشار بخار هوا ارتباط بهتر با همبستگی بالاتر نشان می‌دهد (۱۲). رابطه پتانسیل آب برگ با کمبود فشار بخار برای اکثر گیاهان به صورت غیر خطی گزارش شده است (۶)، (۸ و ۱۳). پندی و همکاران (۱۰ و ۱۱) آزمایشاتی را در مورد حبوبات مختلف انجام داده و به نتیجه رسیده‌اند که رابطه پتانسیل آب برگ با دمای آن در اکثر حبوبات بجز لوبیا به صورت خطی بوده است. رابطه پتانسیل آب برگ با اختلاف دمای پوشش سبز و هوا برای کلیه حبوبات خطی (۱۱)، حال آنکه برای گندم به صورت غیر خطی گزارش شده است (۲ و ۳) سپاسخواه و همکاران رابطه بین پتانسیل آب برگ با دمای پوشش سبز و هوا را برای چغندر قند به صورت خطی گزارش نموده‌اند (۱۴). رابطه تنش آب برگ گندم با رطوبت خاک توسط اهرلر و همکاران (۳) به صورت غیر خطی بدست آمده است.

اندازه گیری پتانسیل آب در گیاه توسط محفظه فشاری<sup>۱</sup> در مزرعه می‌تواند به راحتی انجام گیرد و با اندازه گیری این کمیت می‌توان به وضعیت آب در گیاه پی برد. در صورت در دسترس نبودن وسیله مذکور برای بررسی وضعیت آب در گیاه استفاده از معادلات ریاضی بیان کننده روابط بین عوامل محیطی و پتانسیل آب برگ می‌تواند مفید باشد. لذا در این تحقیق رابطه بین عوامل محیطی و پتانسیل آب برگ لیمو شیرین با آبیاری قطره‌ای در منطقه جهرم در استان فارس مسورد



بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روشها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات آب و خاک جه‌رم وابسته به اداره خاکشناسی شیراز واقع در کیلومتر ۵ جاده جه‌رم - لار در سال ۱۳۶۶ انجام گرفته است. جه‌رم جزو مناطق گرم و نیمه‌خشک ایران با عرض جغرافیایی ۳۰° و ۲۸° و طول جغرافیایی ۳۳° و ۵۳° با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریاست و دارای متوسط حداکثر دمای سالیانه معادل ۲۹/۳ درجه سانتیگراد و متوسط حداقل رطوبت نسبی سالیانه معادل ۳۳ درصد و متوسط بارندگی ۳۲۸ میلی‌متر می‌باشد. آزمایشات بر روی درختان لیمو شیرین (رقم محلی) که بر روی پایه لیمو ترش پیوند زده شده و در سال ۱۳۵۲ کاشته شده بودند، انجام گرفت. چهار تیمار مختلف آبیاری قطره‌ای با ۳ تکرار انتخاب گردید. تیمارهای  $E_1$ ،  $E_2$ ،  $E_3$  و  $E_4$  بترتیب بر اساس ۱۰۰، ۹۰، ۷۵ و ۶۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس "الف" آبیاری می‌شدند. سیستم آبیاری قطره‌ای با دبی ۴ لیتر بر ساعت برای هر قطره چکان و دور آبیاری یک روز در میان طراحی شده است. داده‌های هواشناسی نیز از ایستگاه هواشناسی موجود در کنار قطعه آزمایشی تهیه گردید. خاک منطقه (عمق ۶۰ - ۰ سانتی‌متر) با مقادیر متوسط ۱۲ درصد درشت، ۳۸ درصد ریز، ۲۸ درصد لای و ۱۲ درصد رس در کلاس لومی واقع شده و جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بدست آمد. منحنی مشخصه آب خاک (نمونه از عمق ۶۰ - ۰ سانتی‌متر) در آزمایشگاه توسط روش قیصف بوخنر همراه با صفحه سرامیکی<sup>۱</sup> و سلول فشاری<sup>۲</sup>

تعیین گردید. متوسط مقدار آب خاک در عمق ۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری توسط دستگاه نوترون اندازه‌گیری و مقادیر حاصل، از روی منحنی مشخصه آب خاک به پتانسیل ماتریک آب خاک تبدیل شد. دمای پوشش سبز توسط دستگاه مادون قرمز<sup>۳</sup> و با زاویه‌ای حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه نسبت به افق و به طرف بالای درخت با فاصله تقریبی ۱ تا ۱/۵ متر از آن اندازه‌گیری گردید. دمای چهار طرف درخت در دو قرائت انجام، سپس متوسط ۸ قرائت انجام شده به عنوان دمای پوشش سبز در نظر گرفته شد. برای محاسبه نمایه تنش آبی گیاه، اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه در گرمترین ساعات روز یعنی ساعت ۱۴۰۰ - ۱۲۰۰ انجام می‌گرفت. نمایه تنش آبی گیاه (CWSI) با روش تشریح شده توسط ایدسو و همکاران (۵) بر اساس خط تنش حداکثر و خط تنش حداقل محاسبه گردید. خطوط تنش حداکثر و حداقل با توجه به رابطه اختلاف دمای پوشش سبز و هوا ( $T_c - T_a$ ، درجه سانتیگراد) و کمبود فشار بخار (VPD، کیلو پاسکال) بوده، که برای لیمو شیرین بترتیب معادل  $(T_c - T_a) = 5$  و  $(VPD) = 1/74 - 2/61$  بدست آمده است (۱). پتانسیل آب برگ توسط محفظه فشاری ساخت کارخانه PMS با درجه دقت ۰/۰۵ مگاپاسکال و قدرت اندازه‌گیری حداکثر ۶/۴ مگاپاسکال اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ معمولاً هم - زمان با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز انجام شد و برای بررسی تغییرات پتانسیل در اثناء یک دور آبیاری، اندازه‌گیری آن با فاصله زمانی ۰/۵ ساعت (در روز) و ۷ ساعت (در شب) نیز انجام گرفت. مقاومت برگ

لیموشیرین با دستگاه مقاومت سنج انتشاری<sup>۱</sup> ۶۰ I انجام پذیرفت. اندازه‌گیری کلیه عوامل فوق‌الذکر بجز ۳ روز متوالی شهریور ماه (دور آبیاری) معمولاً "دو هفته یکبار" در ساعات نیم‌روز (۱۰ تا ۱۵۰ ساعت) انجام می‌گرفت.

### نتایج و بحث

عمل تعرق باعث اتلاف آب گیاه شده و در نتیجه پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی کاهش می‌یابد. در صورتیکه مقدار آب خاک کم بوده و جذب آب توسط ریشه دچار اختلال شود، پتانسیل آب در گیاه به مقدار بیشتری افت می‌نماید. از عوامل موثر بر میزان تعرق گیاه کمبود فشار بخار و دمای هواست. افزایش دما و کمبود فشار بخار میزان تعرق را افزایش می‌دهد که مستقیماً بر روی پتانسیل آب برگ اثر می‌گذارد. شکل ۱ تغییرات پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ ، مگاپاسکال)، پتانسیل آب خاک ( $\psi_s$ ، کیلو- پاسکال) و کمبود فشار بخار هوا (VPD، کیلو پاسکال) را در یک سیکل کامل آبیاری برای تیمار تر ( $E_1$ ) در سه روز متوالی شهریور ماه ۱۳۶۶ نشان می‌دهد.<sup>۲</sup>

کمبود فشار بخار در ساعات وسط روز حداکثر و در ساعات انتهایی شب به حداقل می‌رسد. پتانسیل آب برگ در نیم‌روز حداقل و در انتهای شب به حداکثر می‌رسد. در لحظه شروع یک سیکل آبیاری با توجه به اینکه مقدار آب خاک به حداقل کاهش یافته پتانسیل آب برگ نیز به حداقل تقلیل یافته است. پتانسیل آب خاک به مقدار آب خاک بستگی داشته و در سیکل آبیاری قطره‌ای به علت تغییرات کم آب خاک در کلیه تیمارهای آبیاری، تغییرات زیادی را نشان نمی‌دهد. رابطه تغییرات پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ ، مگاپاسکال) و

پتانسیل آب خاک ( $\psi_s$ ، کیلو پاسکال منفی) اندازه‌گیری شده برای تمام تیمارهای آبیاری، به صورت معادل ریاضی زیر ارائه شده است:

$$\psi_1 = 0.084 \psi_s - 0.822 \quad (1)$$

تعداد داده‌ها ۲۶ و ضریب همبستگی ( $r$ ) معادل ۰/۵۰۳ حاصل شده است و آزمون  $F$  نشان می‌دهد ( $F = 8/1$ ) که ضرایب معادله در سطح ۰/۱٪ معنی‌دار بوده و قابل اطمینان می‌باشند ( $F_{0/99} = 7/82$ ). در آبیاری قطره‌ای با توجه به اینکه مقدار آب خاک اطراف ریشه دارای تغییرات زیادی نیست و تغییرات آن اغلب در محدوده بالای ۲۰ درصد حجمی بوده، لذا پتانسیل آب برگ لیمو شیرین وابستگی زیادی را به آب خاک نشان نمی‌دهد. مطالعات اهرلر و همکاران (۳) روی ارتباط آب خاک با پتانسیل آب برگ گندم کسه به صورت منحنی‌هایی ارائه شده است. مقید همین مسئله است که پتانسیل آب برگ گندم در مقابل رطوبت‌های کم خاک حساسیت زیادی را نشان می‌دهد ولی زمانی که درصد حجمی رطوبت خاک از حدود ۲۳٪ حجمی بیشتر شود، تغییرات پتانسیل آب برگ کاملاً از تغییرات آب خاک مستقل خواهد شد.

اگر فاکتور کمبود فشار بخار هوا (VPD، کیلو پاسکال) را در مدل ریاضی (۱) وارد کنیم معادله زیر برای کلیه تیمارهای آبیاری حاصل می‌شود که دارای ضریب همبستگی ( $r$ ) زیادتری می‌باشد:

$$\psi_1 = 0.085 \psi_s - 0.142 (VPD) - 0.191 \quad (2)$$

تعداد داده‌ها ۲۶، ضریب همبستگی ( $r$ ) ۰/۷۰۳، مقدار حاصل از آزمون  $F$  معادل ۱۱/۶۷ بدست آمده و ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و قابل اطمینان



به سطح زمین حدود ساعت ۱۲ اتفاق می‌افتد) از گشودگی روزنه‌ها کاسته می‌گردد (شکل ۳) و مقدار تعرق کاهش یافته و نتیجتاً پتانسیل آب برگ تدریجاً افزایش پیدا می‌کند. تغییرات مقاومت برگ گیاه در برابر ساعات مختلف روز و تشعشع رسیده به سطح زمین برای تیمار تر ( $E_1$ ، شکل ۳) موید همین نظریه است. به طوریکه در شکل ملاحظه می‌گردد کمترین مقاومت برگ گیاه در ساعات ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ بوده است. اکثر محققین از جمله رجینتو (۱۳) برای پنبه، ایدسو و همکاران (۸) برای پنبه و ایدسو و همکاران (۷) برای یونجه تغییرات پتانسیل آب برگ را در مقابل کمبود فشار بخار به صورت غیرخطی گزارش نموده‌اند.

با شروع روز و افزایش تعرق، دمای پوشش سبز نسبت به دمای هوا کم شده و با افزایش شدت تعرق، اختلاف این دو زیادتر می‌شود. از طرفی پتانسیل آب برگ با افزایش تعرق کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که بتوان یک مدل ریاضی بین اختلاف دمای پوشش سبز و هوا ( $T_c - T_a$ )، درجه سانتیگراد) و پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ )، مگاپاسکال منفی) نیز ایجاد نمود. محاسبه نشان می‌دهد که بهترین مدل برای کلیه تیمارها به صورت معادله زیر بیان می‌گردد:

$$(T_c - T_a) = 2.187 \psi_1^2 + 11.53 \psi_1 + 9.8 \quad (5)$$

تعداد داده‌ها ۵۷ و ضریب همبستگی ۰/۵۹۳ می‌باشد. آزمون F معادل ۱۵/۳ بدست آمده که در مقایسه با ۰/۹۹ F معادل ۵/۰۴ ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و قابل اطمینان هستند. شکل ۴ تغییرات پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ ) را با اختلاف دمای پوشش سبز و هوا ( $T_c - T_a$ ) نشان می‌دهد.

می‌باشند ( $F_{0.99} = 5/67$ ). چنانچه اختلاف دمای پوشش سبز و هوا ( $T_c - T_a$ ) درجه سانتیگراد) نیز وارد مدل شود، معادله‌ای برای تیمارهای آبیاری به صورت زیر و با ضریب همبستگی بیشتری حاصل می‌گردد:

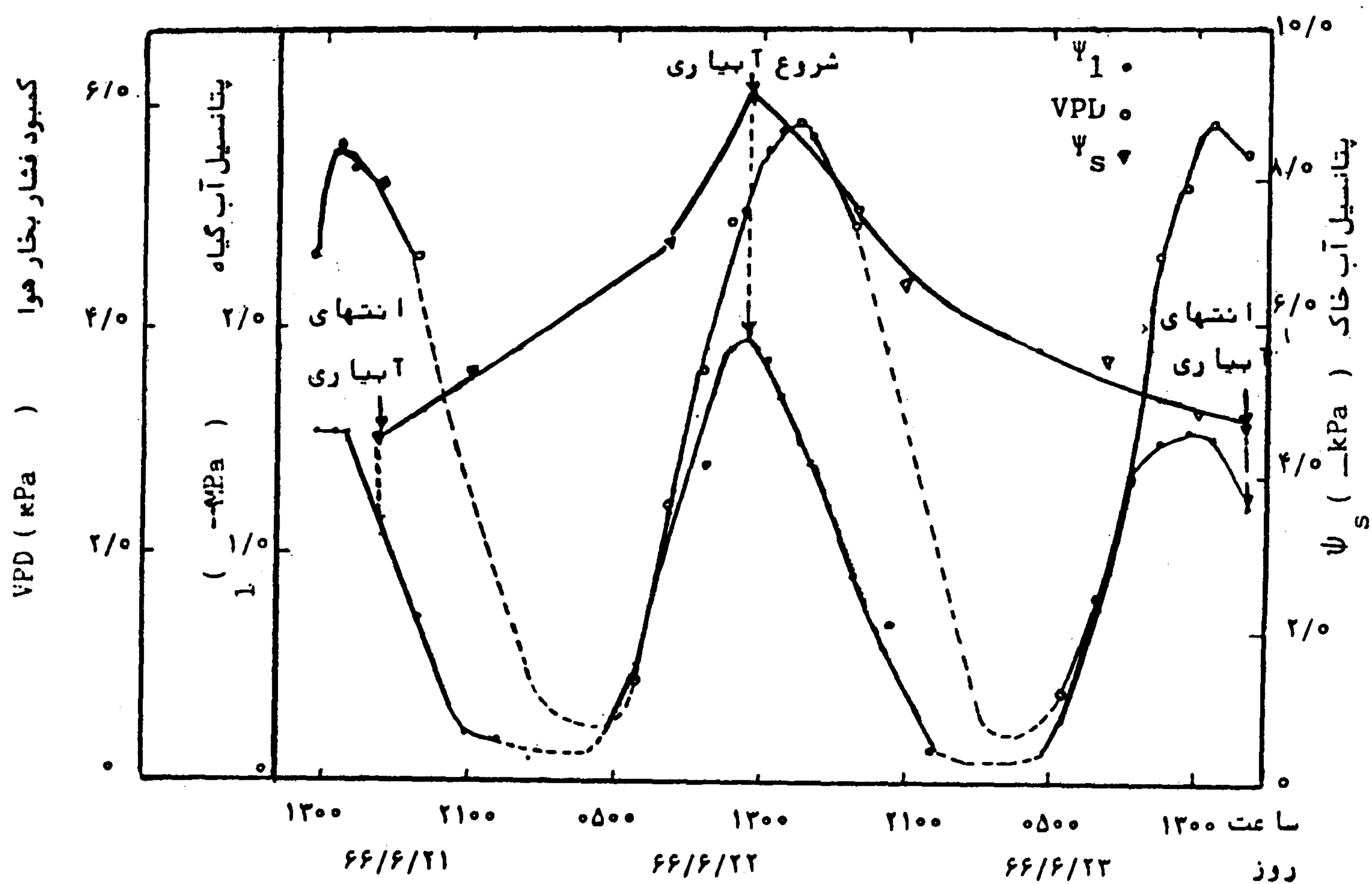
$$\psi_1 = -0.262(VPD) - 0.075(T_c - T_a) + 0.036 \psi_s - 0.36 \quad (2)$$

تعداد داده‌ها ۴۱ و ضریب همبستگی ( $r$ ) ۰/۸۴ بدست آمده است. ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی‌دار بودن قابل اطمینان می‌باشند ( $F_{26} = 26$ ) ضرایب و ( $F_{0.99} = 4/42$ )

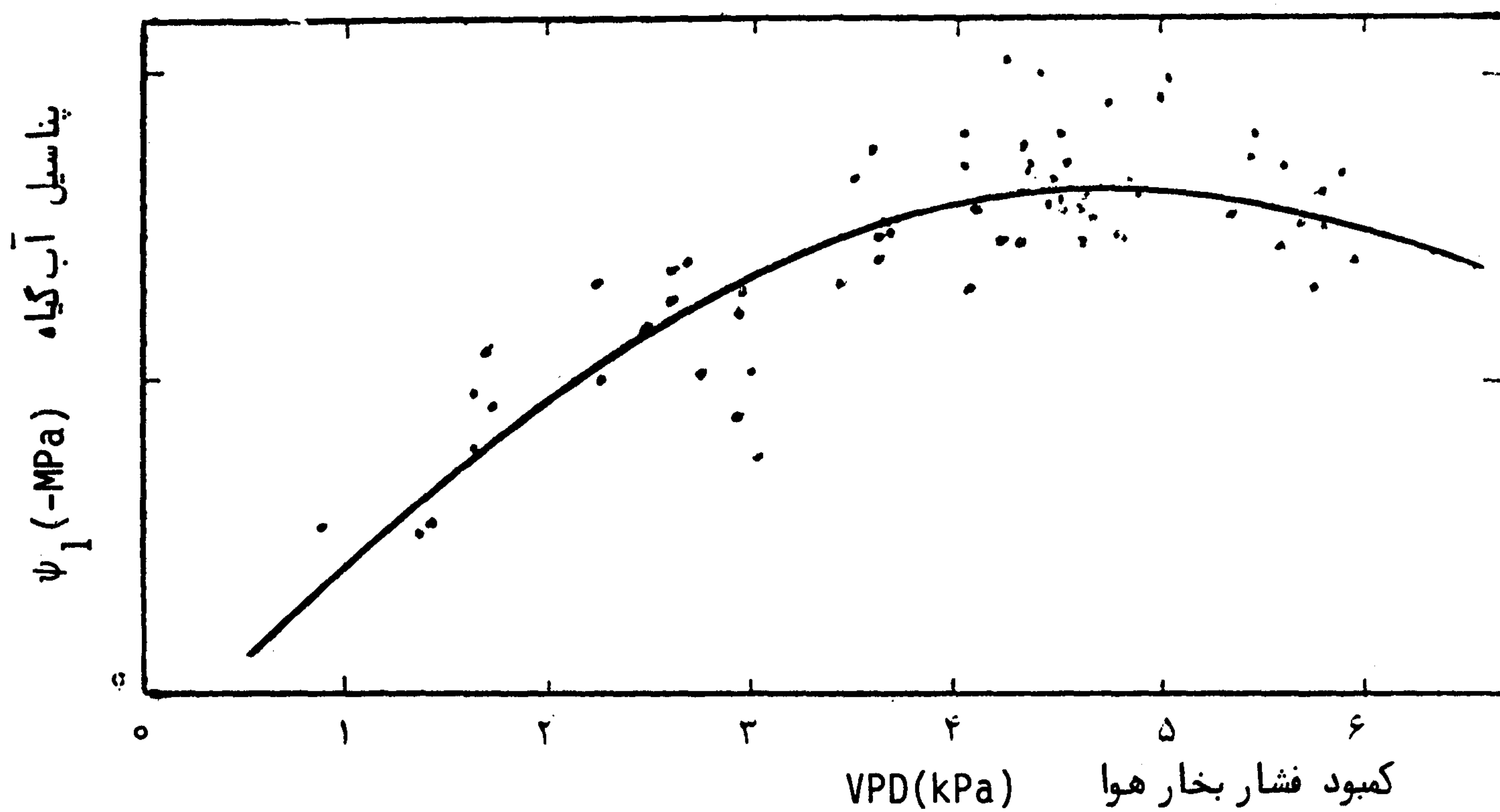
شکل ۲ تغییرات پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ )، مگاپاسکال) را با تغییرات کمبود فشار بخار (VPD، کیلو پاسکال) برای تیمار تر ( $E_1$ ) نشان می‌دهد. رابطه درجه دوم زیر برای کلیه تیمارها حاصل شده است:

$$\psi_1 = 0.0706(VPD)^2 - 0.726(VPD) + 0.161 \quad (4)$$

تعداد داده‌ها ۱۹۷ و ضریب همبستگی ( $r$ ) معادل ۰/۷۹ بدست آمده و ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و قابل اطمینان می‌باشند ( $F_{188/9} = 188/9$ ) ضرایب و ( $F_{0.99} = 4/61$ ) شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش کمبود فشار بخار (VPD)، پتانسیل آب برگ کاهش یافته و پس از حد معینی از پتانسیل آب برگ با افزایش VPD مقدار پتانسیل آب برگ نیز افزایش می‌یابد. علت این امر این است که با توجه به شرایط آب و هوایی جهرم معمولاً حداکثر کمبود فشار بخار هوا (بیش از ۵/۵ کیلوپاسکال) بعد از ساعت ۲ بعد از ظهر در ماه‌های گرم سال اتفاق می‌افتد (شکل ۱)، که معمولاً گرمای هوا به حداکثر و رطوبت نسبی محیط به حداقل می‌رسد. از طرفی به علت کاهش مقدار آب در بافت‌های گیاهی و کاهش انرژی خورشید (حداکثر انرژی رسیده

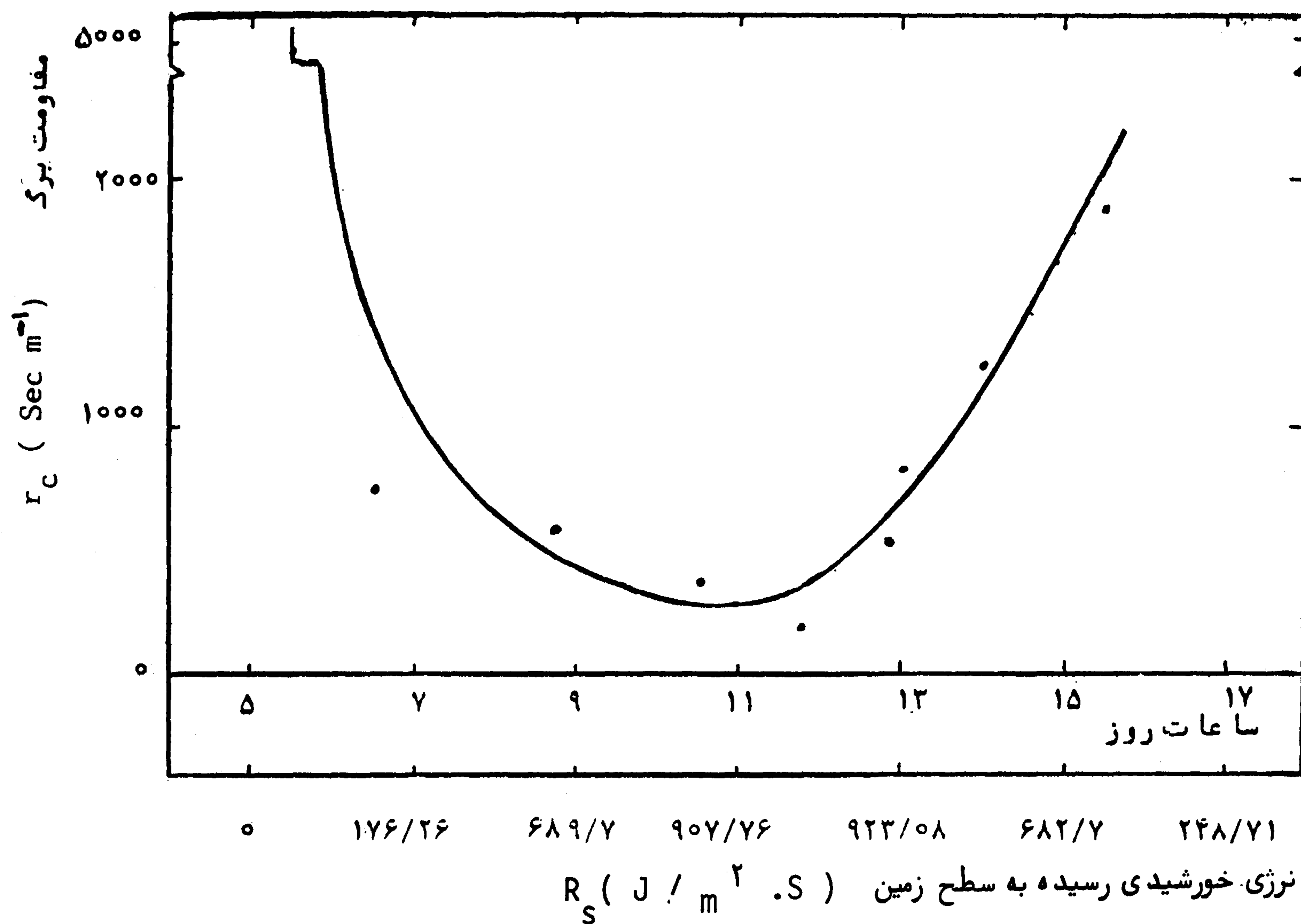


شکل ۱- پتانسیل‌های آب گیاه ( $\psi_1$ )، آب خاک ( $\psi_s$ ) و کمبود فشار بخار هوا (VPD) در سیکل آبیاری قطره‌ای تیمار  $E_1$  (تیمار تر)



شکل ۲- رابطه بین پتانسیل آب گیاه و کمبود فشار بخار هوا در تیمار  $E_1$  (تیمار تر)





شکل ۳- تغییرات مقاومت برگ لیموشیرین در ساعات مختلف روز برای تیمار  $E_1$  (تیمار تر)

چون سرعت جذب آب توسط ریشه توانایی افزایش پتانسیل آب گیاه را در مدت کوتاه ندارد، لذا ملاحظه می‌گردد که پتانسیل آب برگ کاهش، درحالی که مقدار  $(T_c - T_a)$  افزایش می‌یابد (مقدار منفی کمتری پیدا می‌کند). همچنین در شکل ۴ ملاحظه می‌گردد که برای پتانسیل‌های آب برگ‌ها حداقل ۱/۸ مگاپاسکال منفی رابطه بین  $(T_c - T_a)$  و  $\psi_1$  خطی خواهد شد که این رابطه برای تیمار  $(E_1)$  به صورت زیر بدست آمده است:

$$\psi_1 = -1.02 + 0.117(T_c - T_a) \quad (6)$$

که در آن  $\psi_1$  بر حسب مگاپاسکال منفی و  $(T_c - T_a)$  بر حسب درجه سانتیگراد است. تعداد داده‌ها ۱۵ و ضریب همبستگی  $(r) = 0.93$  بدست آمده است. ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و قابل اطمینان

این شکل بیانگر این مطلب است که با کاهش پتانسیل آب گیاه تا حد معینی، اختلاف دمای پوشش سبز با هوا افزایش یافته (منفی تر می‌شود) و سپس کاهش می‌یابد. بدیهی است هنگامی که کمبود فشار بخار هوا زیاد باشد، به علت افزایش گرادیان بخار آب بین روزنه‌ها و هوا، شدت تعرق گیاه افزایش می‌یابد. با افزایش شدت تعرق، اختلاف دمای پوشش سبز با هوا افزایش و پتانسیل آب گیاه کاهش می‌یابد. در حد معینی از پتانسیل آب برگ (پتانسیل بحرانی)، روزنه‌ها به علت عکس‌العمل طبیعی گیاه نسبت به پتانسیل پایین آب در آن شروع به بسته شدن نسبی نموده و تعرق کاهش می‌یابد و نتیجتاً دمای پوشش سبز زیاد و اختلاف آن با دمای هوا کم می‌شود. از طرفی

بدست آمده است. مقدار حاصل از آزمون  $F$  برابر ۱۳/۳۱ می‌باشد و ضرایب معادله در سطح یک درصد معنی دار بوده و قابل اطمینان هستند ( $F_{0.01} = 7/2$ ). مدل ریاضی دیگری نیز رابطه بین پتانسیل آب برگ (مگاپاسکال،  $\psi_1$ )، کمبود فشار بخار (VPD؛ کیلو- پاسکال) و نمایه تنش آبی گیاه برای تیمارهای آبیاری را به صورت زیر بیان می‌کند:

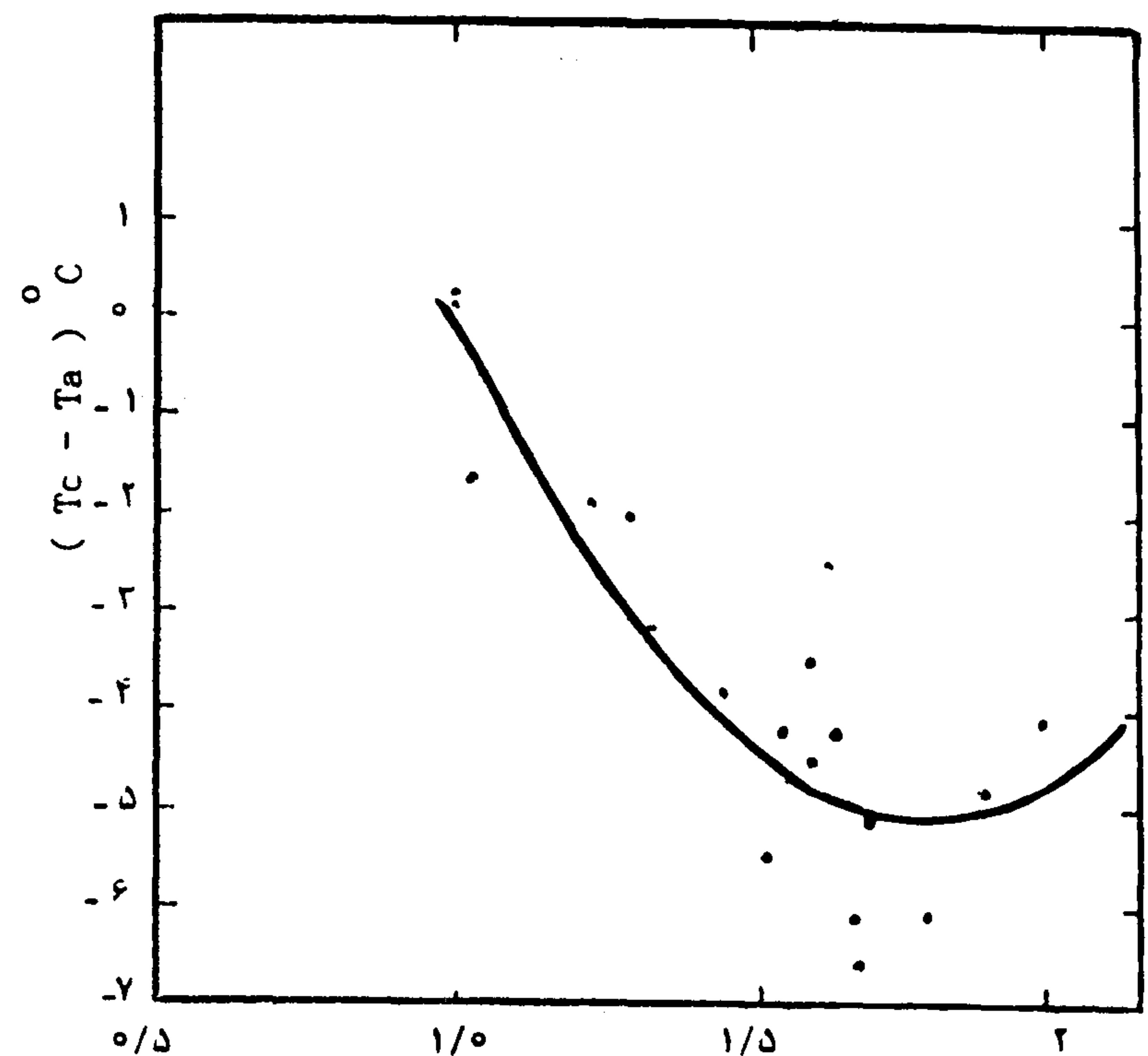
$$\psi_1 = -1.35(CWSI) - 0.141(VPD) - 0.86 \quad (۸)$$

تعداد داده‌های ۵۵ و ضریب همبستگی ( $r$ ) معادل ۰/۸۰۱ می‌باشد. آزمون  $F(46/6)$  معنی دار بودن ضرایب معادله را در سطح یک درصد نشان می‌دهد ( $F_{0.01} = 5/1$ ).

رابطه (CWSI) با پتانسیل آب برگ گیاه توسط ایدسو و همکاران (۶) برای یونجه به صورت منحنی گزارش گردیده است، البته برای مقادیر CWSI از صفر تا ۰/۸ رابطه به صورت خطی است. همچنین این رابطه توسط رجینیتو (۱۳) برای پنبه، سپاسخواه و همکاران (۱۴) برای چغندر قند به صورت خطی با ضریب همبستگی بالا گزارش شده است. به نظر می‌رسد علت کم شدن ضریب همبستگی در رابطه ۷ به واسطه اختلافات جزئی در CWSI به دلیل زیاد بودن رطوبت محیط ریشه در دور آبیاری می‌باشد.

#### نتیجه نهایی

پتانسیل آب برگ لیمو شیرین در آبیاری قطره‌ای حساسیت زیادی را به پتانسیل آب خاک نشان نمی‌دهد. حال آنکه به تغییرات کمبود فشار بخار، عامل اصلی تعرق، وابستگی زیادتری دارد. پتانسیل آب برگ با اختلاف دمای پوشش سبز و هوا در پتانسیلهای کم آب



شکل ۴- تغییرات پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ ) با تغییرات  $(T_c - T_a)$  برای تیمار تر ( $E_1$ ) پتانسیل آب در گیاه ( $\psi_1$  - MPa)

می‌باشند.

اهرلر و همکاران (۳) برای گندم این رابطه را تا پتانسیلهای تقریباً " ۲۰- بار (۲- مگاپاسکال) خطی و پس از آن به صورت منحنی گزارش نموده‌اند. منحنی‌های ارائه شده توسط ایشان نشان می‌دهد که کاهش پتانسیل آب برگ گندم پس از ۳۰- بار (۳- مگاپاسکال) اثری بر روی اختلاف دمای پوشش سبز و هوا ندارد. این رابطه برای چغندر قند توسط سپاسخواه و همکاران (۱۴) به صورت خطی گزارش شده است (حداقل پتانسیلهای اندازه‌گیری شده حدود ۲/۶- مگاپاسکال بوده است).

رابطه نمایه تنش آبی گیاه (CWSI) با پتانسیل آب برگ ( $\psi_1$ ، مگاپاسکال) برای کلیه تیمارهای آبیاری توسط مدل ریاضی زیر بیان می‌گردد:

$$\psi_1 = -1.614(CWSI) - 1.425 \quad (۷)$$

تعداد داده‌ها ۵۵ و ضریب همبستگی ( $r$ ) معادل ۰/۴۶



(حداقل ۱/۸-مگاپاسکال) رابطه‌ای خطی با ضریب نشان نمی‌دهد.

همبستگی بالا نشان داده است، ولی در پتانسیلهای

کمتر این رابطه به صورت غیرخطی خواهد شد.

همچنین نمایه تنش آبی گیاه به علت تغییرات کم

رطوبت خاک در محیط ریشه دارای تغییرات جزئی بوده

لذا پتانسیل آب برگ لیمو شیرین با توجه به شرایط

آبیاری قطره‌ای حساسیت زیادی را نسبت به این فاکتور

### سپاسگزاری

در اینجا لازم است از اداره خاکشناسی شیراز و مرکز تحقیقات آب و خاک جهرم که فرصت مطالعات را به نگارندگان داده‌اند، تشکر نمایم.

### REFERENCES:

### مراجع مورد استفاده:

- ۱- کاشفی‌پور، س. م. ۰ ۱۳۶۷. تعیین شدت تبخیر و تعرق و اثرات آن بر روی کمیت و کیفیت لیمو شیرین در آبیاری قطره‌ای در جهرم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۰ ۲۵۵ صفحه.
- 2- Ehrlner, W.L., S.B. Idso, R.D. Jackson, & R. J. Reginato. 1978 a. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. *Agronomy Journal*, 70: 999-1004.
- 3- Ehrlner, W.L., S.B. Idso, R.D. Jackson, & R. J. Reginato. 1978b. Wheat canopy temperature: Relation to plant water potential. *Agronomy Journal*, 70: 252-256.
- 4- Howell, T.A, T.L. Hatfield, H. Yamada, & K.R. Davis. 1984. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. *Transactions of the ASAE*. 27: 84-88.
- 5- Idso, S.B. 1982. Non-water stressed base lines: A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Meteorology*, 27: 59-70.
- 6- Idso, S.B., R.D. Jackson, P.J. Pinter, Jr., R.J. Reginato, & J.L. Hatfield. 1981a. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*. 24: 45-55.
- 7- Idso, S.B. R.J. Reginato, D.C. Reicosky, & J.L. Hatfield. 1981b. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. *Agronomy Journal*, 73: 826-830.
- 8- Idso, S.B., R.J. Reginato & S.M. Farah. 1982. Soil and atmosphere induced plant water stress in cotton as inferred from foliage temperatures. *Water Resources Research*, 18: 1143-1148.
- 9 -Kramer, P.J. 1983. *Water relation of plants*. Academic press, Inc. London 489 pp.
- 10-Pandey, R.K., W.A.T. Herrera & J.W. Pendleton. 1984a. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: I. Yield and yield components. *Agronomy Journal*, 76: 546-553.





Empirical Models Predicting the Effects of Environmental Factors on the Leaf Water Potential of Sweet Lime.

S.M. KASHEFIPOUR and A.R. SEPASKHAH

Instructor, Irrigation Department, Ramin Higher Education Institute, and Professor, Irrigation Department, College of Agriculture, Shiraz University, Respectively.

Received for Publication 20, December, 1992.

**SUMMARY**

The effects of various environmental factors such as soil water potential ( $\psi$  KPa), vapor pressure deficit (VPD, KPa), canopy-air temperature difference ( $T_c - T_a$ , °C) on the leaf water potential ( $\psi_l$ , MPa) of sweet lime with drip irrigation method were evaluated. Leaf water potential did not show great sensitivity to soil water potential during short irrigation periods because of the low variations in soil moisture, whereas the leaf water potential showed great sensitivity to vapor pressure deficit which is one of the most effective factor in transpiration and water loss by plants. A linear relation between leaf and soil water potentials resulted with a correlation coefficient ( $r$ ) of 0.503 ( $\psi_l = 0.084 \psi_s - 0.822$ ) whereas the relation between leaf water potential and vapor pressure deficit is a second order equation ( $\psi_l = 0.0706(\text{VPD})^2 - 0.726(\text{VPD}) + 0.161$ ) with a correlation coefficient of 0.789. Also a relation between leaf water potential and the canopy-air temperature difference was obtained as a second order equation [ $(T_c - T_a) = 2.187\psi_l^2 + 11.53\psi_l + 9.8$ ] with a correlation coefficient of 0.593, whereas a multi-variable linear equation with a correlation coefficient of 0.837 between leaf water potential, vapor pressure deficit, canopy-air temperature difference and soil water potential [ $\psi_l = 0.036\psi_s - 0.262(\text{VPD}) - 0.075(T_c - T_a) - 0.36$ ] was resulted. A linear equation with a coefficient of 0.46 between crop water stress index (CWSI) and leaf water potential was obtained ( $\psi_l = -1.614(\text{CWSI}) - 1.425$ ) and when the vapor pressure deficit was introduced to the model, the correlation coefficient was increased to 0.801 ( $\psi_l = -1.32(\text{CWSI}) - 0.141(\text{CWSI}) - 0.86$ ).