نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۴۱۸-۴۰۸

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 408-418

# تعیین ضریب حساسیت به خشکی در مراحل مختلف رشد چغندرقند در منطقه همدان*

سید معین الدین رضوانی[1*]، محمد رضا میرزایی[2] و اسماعیل بیات[3]

## چکیده

بحران کمبود آب به عنوان عامل اصلی محدودیت زراعت در تمام مناطق خشک و نیمه خشک مانند همدان مطرح می‌باشد. در این مناطق به دلیل عدم دسترسی گیاه به آب به کافی در دوره رشد خود، شناخت زمان‌های حساس آبیاری برای حصول به حداکثر عملکرد و سود ضروری است. لذا به منظور محاسبه ضریب حساسیت محصول ($K_y$) و اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد چغندرقند تحقیقی به صورت کرت‌های یک بار خردشده (اسپلیت پلات) در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ صورت گرفت. مراحل مختلف رشد چغندرقند در کرت‌های اصلی و سطوح مختلف کاهش آب در کرت‌های فرعی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی قرار گرفتند. آزمایش در چهار تکرار طی سال‌های ۸۳ و ۸۴ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان انجام شد. مراحل مختلف رشد چغندرقند بر اساس تقسیم بندی فائو انجام شد. تیمارهای آبیاری (تنش) شامل: ۵۵٪، ۷۰٪، ۸۵٪ و ۱۰۰٪ آب آبیاری مورد نیاز بودند. مقادیر ضریب حساسیت محصول به کم آبی بر اساس عملکرد ریشه در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم رشد به ترتیب برابر بود با ۰/۷۷و۰/۹۰،۱/۸۲/۰۵ ، برای عملکرد شکر برابر بود با ۱/۲۳، ۱/۱،۰۶/۰۲و ۰/۸۴ و برای کل دوره رشد ضریب حساسیت بر اساس عملکرد ریشه و شکر به ترتیب برابر با ۰/۸۸ و ۱/۰۳ بود.

**واژه‌های کلیدی:** چغندرقند، فاکتور حساسیت محصول، تنش خشکی

## مقدمه

آب‌های زیرزمینی ۸۵ درصد منابع آب استان همدان را تشکیل می‌دهند که عمدتاً در بخش کشاورزی مصرف می‌شوند. از دهه گذشته با توجه به رشد کشاورزی و اتکای این بخش به منابع آب زیرزمینی، شاهد نزول سطح ایستابی در تمامی دشت‌های استان بوده، به گونه‌ای که امروزه تمامی این دشت‌ها ممنوعه بحرانی می‌باشند(Jafari and Rezvani, 2002). به این لحاظ مدیریت عرضه منابع آب دیگر جوابگوی میزان مصرف در بخش کشاورزی نیست و مدیریت تقاضای منابع آب در این بخش از جمله گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، پوشش انهار، مالچ و نیز روش‌های کم آبیاری مورد توجه قرار گرفته است. اعمال مدیریت و برنامه‌ریزی کم آبیاری نیاز به تعیین ضریب حساسیت محصول به کم آبی ($K_y$) و دانش کافی از اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد محصول دارد. فائو ( Doorenbos and Kassam,1979) چهار مرحله رشد چغندر قند را به مراحلی شامل: استقرار، رشد رویشی، شکل‌گیری عملکرد و رسیدن تکنولوژیکی محصول تقسیم نموده است.

در گزارش Doorenbos and Kassam (1979) ، چغندرقند در زمان جوانه‌زدن و حدود یک دوره یک ماهه بعد از جوانه‌زدن به کمبود آب حساس است. ایشان همچنین بیان نمودند کمبود آب در اواسط دوره رشد (دوره‌های رشد رویشی و شکل‌گیری عملکرد) روی عملکرد قند اثر دارد. از این رو به غیر از دوره جوانه‌زدن و مراحل اولیه رشد، به نظر می‌رسد که محصول به کمبود متوسط آب حساسیت کمی دارد. همچنین (Hekmatshoar ,1992) نیز گزارش داد معمولاً چغندرقند نسبت به تنش‌های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است.

Stewart et al. (1977) (گزارش شده توسط Raine,1999) برای (Sepaskhah and Beirouti,2009؛ Kirda, 2002؛

---

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
(* - نویسنده مسئول: (E-mail: moin.rezvani@gmail.com
۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات چغندرقند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
۳- کارشناس ارشد سازه‌های آبی و دانشجوی سابق گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران
* برگرفته شده از طرح تحقیقاتی تعیین حساسیت به کم آبی در مراحل چهارگانه رشد چغندرقند به شماره ۸۷/۷۸۴ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند

Archive of SID
www.SID.ir

بدست آوردن ضریب حساسیت محصول به کم آبی از برازش رابطه خطی زیر بر عملکرد نسبی محصول و کمبود نسبی تبخیر و تعرق استفاده نمودند:

$$\frac{Ya}{Ym}=1-Ky\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right) \qquad (۱)$$

شکل عمومی رابطه ۱ که توسط Doorenbos and Kassam (1979) برای محاسبه ضریب حساسیت گیاهان استفاده شد به صورت زیر است:

$$1-\frac{Ya}{Ym}=Ky\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right) \qquad (۲)$$

که در آن $ET_a$ تبخیر و تعرق واقعی، $ET_m$ تبخیر و تعرق حداکثر، $Y_a$ عملکرد واقعی، $Y_m$ عملکرد حداکثر و $K_y$ ضریب حساسیت محصول است که تغییرات آن به گونه گیاهی، واریته، روش و مدیریت آبیاری و مرحله رشدی که کمبود تبخیر وتعرق در آن حادث شده بستگی دارد (Kirda, 2002). این رابطه در صورتی معتبر است که $1-\frac{ETa}{ETm} \leq$ ۰/۵ باشد (Doorenbos and Kassam,1979).

Doorenbos and Kassam (1979) مقدار $K_y$ چغندرقند برای عملکرد شکر در کل دوره رشد را با توجه به مقدار تنش بین ۰/۶ تا ۱ و برای عملکرد ریشه ۰/۷ تا ۱/۱ گزارش نمودند.

Bazza and Tayaa(1999)(گزارش شده توسط Moutonne,2002) ضریب حساسیت محصول چغندرقند به کم آبی را در روش آبیاری شیاری برای کل دوره رشد ۰/۸۶ و برای مراحل رسیدگی و رشد رویشی به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۶۴ بدست آوردند.

Kirda (2002) ضریب حساسیت محصول به کم آبی را برای ریشه چغندرقند در آبیاری شیاری برای کل فصل رشد ۰/۸۶ و اواسط رشد ۰/۶۴ ارائه نمود.

Moutonne (2002) مقادیر $K_y$ بدست آمده توسط فائو و سازمان بین‌المللی انرژی اتمی را مقایسه نمود و نشان داد که در هر دو روش مقادیر $K_y$ دارای دامنه زیادی $1/15 < K_y < 0/2$ برای FAO و $1/75 < K_y < 0/08$ برای IAEA (آژانس بین المللی انرژی اتمی) است. بررسی دو سری داده‌ها مربوط به FAO و IAEA نشان داد در حالی‌که هر دو سری داده روند یکسانی را نشان می‌دهند اما از نظر میانگین مقادیر و دامنه، شبیه یکدیگر نیستند.

Kassam and Smith (2001) ضریب حساسیت محصول به دست آمده توسط FAO را برای عملکرد شکر و ریشه چغندرقند به ترتیب ۰/۸و ۰/۹ در کل دوره رشد با مقادیر به دست آمده توسط IAEA (سازمان بین اللملی انرژی اتمی) که به ترتیب ۰/۹۵ و ۱/۰۷ به دست آمده است، مقایسه نمودند.

Ucan and Gencoelan (2004) مقدار $K_y$ را بر اساس عملکرد ریشه چغندر قند در دو سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ به ترتیب ۰/۷۳ و ۱/۳۲ با استفاده از سیستم لاین سورس[1] بدست آوردند.

در تحقیقی Shrestha et al. (2009) مقدار $K_y$ را برای عملکرد ریشه در کل دوره رشد ۱/۰۱ در شرایط اروپای غربی بدست آوردند. بر اساس نتایج ایشان با توجه به مقدار تنش مقدار $K_y$، ۰/۹۷ تا ۱/۶۰ بدست می‌آید. ایشان بر اساس مقادیر به روز شده $K_y$ نتیجه‌گیری نمودند در شرایط اروپا، حساسیت چغندرقند به تنش آبی به طور معنی‌داری بالا است.

همانگونه که ذکر شد کشاورزی در استان همدان عمدتاً بر آب‌های زیرزمینی به ویژه چاه‌های کشاورزی استوار است که به طور معمول در طی فصل رشد( فروردین تا اواسط آبان) از آبدهی آنها کاسته می‌شود. با توجه به کمبود منابع آب و مصرف زیاد آب در زراعتی مانند چغندرقند، امکان وجود تنش آبی در طول فصل رشد به طور مداوم در سطح مزرعه وجود دارد. به این دلیل تعیین ضریب حساسیت به کم آبی در هر یک از مراحل چهارگانه رشد گیاه چغندرقند در محصول نهایی برای حصول به حداکثر عملکرد و سود ضروری است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت کرت‌های یک بار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شد. تیمارهای اصلی عبارت بودند از مراحل مختلف رشد چغندرقند شامل چهار مرحله به شرح زیر:

$S_1$ : سبز شدن ۹۰-۸۰ درصد بذور تا استقرار بوته( دو هفته تا یک ماه). $S_2$: استقرار بوته تا ۸۰-۷۰ درصد پوشش سبز مزرعه( سه هفته). $S_3$: از پوشش کامل تا زمان شروع به کاهش پوشش سبز( یک ماه و نیم تا دو ماه). $S_4$ : به حداکثر رسیدن ضریب استحصال و حداکثر شدن محصول شکر (زمان برداشت، سه تا چهار هفته). تیمارهای فرعی طرح درصدهای مختلف تنش شامل: $I_1$ :۵۵٪ آب آبیاری مورد نیاز. $I_2$ : ۷۰٪ آب آبیاری مورد نیاز. $I_3$ : ۸۵٪ آب آبیاری مورد نیاز. $I_4$ :۱۰۰٪ آب آبیاری مورد نیاز(بدون تنش) بودند.

برای آماده سازی زمین آزمایش طی دو سال اجراء در پاییز عملیات خاک‌ورزی اولیه و در بهار سال بعد عملیات خاک‌ورزی ثانویه انجام شد. کود مورد نیاز بر اساس تجزیه خاک(جدول ۱) به صورت یک‌سوم کود نیتروژنه توصیه شده و تمامی کود فسفره و پتاسه هنگام کشت استفاده گردید. در سال ۱۳۸۳رطوبت ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و وزن مخصوص ظاهری در عمق ۶۰-۰ به ترتیب ۲۳/۹

1-Line-source

Archive of SID

www.SID.ir

درصد وزنی، ۱۱/۴ درصد وزنی و $gr/cm^3$ ۱/۴۸ بود. در سال ۱۳۸۴ رطوبت ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و وزن مخصوص ظاهری در عمق ۶۰-۰ به ترتیب ۲۱/۶ درصد وزنی، ۱۰/۵ درصد وزنی و $gr/cm^3$ ۱/۵۰ بود. در جدول۲ اطلاعات هواشناسی طی فصل رشد در دو سال انجام آزمایش آورده شده است. هر کرت اصلی شامل ۲۰ خط کشت به طول ۱۰ متر و هر کرت فرعی ۴ خط کشت با فاصله خطوط ۶۰ سانتیمتر و یک خط کشت نشده برای ایجاد فاصله بین تیمارها بود. این آزمایش با استفاده از رقم دوروتی و مقاوم به بیماری ریزومانیا که در صورت تنش، بیماری باعث ایجاد اختلال در داده‌های آزمایش نگردد، کشت گردید. کلیه عملیات داشت و یادداشت‌برداری‌های لازم شامل تاریخ و نوع عملیات تهیه زمین، نمونه‌گیری خاک، تاریخ کاشت (سال ۱۳۸۳ کاشت در تاریخ‌های ۲۶ و ۲۷ اردیبهشت ماه و سال ۱۳۸۴ در ۲۰ اردیبهشت ماه صورت گرفت)، تاریخ‌های آبیاری، سبز شدن بذرها، تنک و وجین، مصرف کود سرک، سمپاشی‌ها برعلیه آفات، علف‌های هرز، محلول پاشی و تعداد بوته در طول فصل رشد انجام شدند. در جدول ۳ تاریخ‌های آبیاری آورده شده است. در نهایت از دو خط وسط هر کرت فرعی پس از حذف یک متر حاشیه از طرفین، ۹/۶ مترمربع برداشت صورت گرفت. برداشت سال ۱۳۸۳ در تاریخ‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ آبان ماه و سال ۱۳۸۴ در ۱۹ و ۲۰ آبان ماه صورت گرفت. پس از شمارش تعداد بوته‌های برداشت شده، میزان عملکرد ریشه، درصد قند و سایر صفات کیفی ریشه به منظور تعیین عملکرد شکر سفید اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه ضریب حساسیت محصول $K_y$ از معادله (۲) استفاده شد که متغیرهای موجود در این رابطه از روش‌های زیر به دست آمدند:

$Y_a$ – عملکرد واقعی محصول در مزرعه.

$Ym$ – از چند روش برای تخمین عملکرد حداکثر استفاده شد. در روش اول حداکثر عملکرد رقم مناسب اقلیم منطقه، با فرض اینکه دیگر عوامل رشد عامل محدود کننده نباشند از رابطه رگرسیونی بین تبخیر و تعرق واقعی و عملکرد محصول به شکل زیر بدست آمد (Liu et al.,2002؛Doorenbos and Kassam,1979):

$$Y_a = a + b\, ET_a \qquad (۳)$$

که در آن $Y_a$ عملکرد واقعی به تن در هکتار، $ET_a$ تبخیر و تعرق واقعی به میلیمتر، a و b ضرایب رگرسیون هستند. در معادله ۳ با قرار دادن تبخیر و تعرق حداکثر، حداکثر عملکرد محصول تخمین زده می‌شود (Doorenbos and Kassam,1979؛ Liu et al.,2002). در روش دوم حداکثر عملکرد واقعی محصول مبنا قرار گرفت. همچنین روش ناحیه‌بندی بر اساس بوم‌شناسی زراعی نیز برای برآورد عملکرد بالقوه ممکن بکار برده شد( Doorenbos and Kassam,1979). برای محاسبه $ET_a$ از رابطه زیر استفاده شد(Allen et al.,1998).

$$ET_{c\ adj} = K_s\, K_c\, ET_o \qquad (۴)$$

که در آن $ET_{c\ adj}$ تبخیر و تعرق تصحیح شده یا واقعی، $K_c$ ضریب گیاهی و $K_s$ ضریب تنش آبی است. ضریب تنش آبی از رابطه زیر بدست آمد(Allen et al.,1998):

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} \qquad (۵)$$

که در آن $TAW$ کل آب قابل استفاده خاک (میلیمتر) است که از رابطه زیر بدست آمد:

$$TAW = 1000(\Theta_{FC} - \Theta_P)\, Z_r \qquad (۶)$$

$\Theta_{FC}$ رطوبت حجمی ظرفیت مزرعه، $\Theta_P$ رطوبت حجمی نقطه پژمردگی و $Z_r$ عمق ریشه گیاه به متر است. آب سهل الوصول یا $RAW$ از رابطه زیر حاصل شد:

$$RAW = p\, TAW \qquad (۷)$$

$p$ بخشی از آب قابل استفاده خاک است که بدون ایجاد تنش یا کاهش تبخیر و تعرق می‌تواند از محیط ریشه خارج شود و مقدار آن بین صفر تا ۱ است. مقادیر $p$ داده شده در فائو ۵۶ (۰/۵۵) مربوط به حالتی است که تبخیر و تعرق گیاهی برابر ۵ میلیمتر در روز است برای مقادیر دیگر تبخیر و تعرق گیاهی مقدار $p$ به شکل زیر تصحیح می‌شود (Allen et al.,1998):

$$p = p_{\,5mm} + 0.04\,(5 - ET_c) \qquad (۸)$$

کمبود رطوبت خاک به میلیمتر که از معادله بیلان آب خاک به شکل زیر بدست آمد:

$$D_{r,\,i} = D_{r,\,i-1} - (P - RO)_i - I_i - CR_i + ET_{c,\,i} + DP_i \qquad (۹)$$

که در آن $D_{r,i}$ کمبود رطوبت خاک منطقه ریشه در انتهای روز $i$ام (mm)، $D_{r,\,i-1}$ کمبود رطوبت خاک منطقه ریشه در انتهای روز قبل $i$-1 ام(mm)، $P_i$ بارندگی در روز $i$ام (mm)، $RO_i$ رواناب سطحی در روز $i$ام(mm) ، $I_i$ عمق خالص آبیاری که به داخل خاک در روز $i$ام نفوذ کرده است(mm)، $CR_i$ صعود موئینه از سطح ایستابی آب زیرزمینی در روز $i$ام (mm)، $ET_{c,\,i}$ تبخیر و تعرق گیاهی در روز $i$ام(mm)، $DP_i$ آب خارج شده از منطقه ریشه به وسیله نفوذ عمقی در روز $i$ام (mm).

$D_{r,i-1}$ کمبود رطوبت خاک منطقه ریشه در انتهای روز قبل ($i$-1ام) از رابطه زیر بدست آمد(Allen et al.,1998):

$$D_{r,\,i-1} = 1000(\Theta_{FC} - \Theta_{i-1})\ Z_r \qquad (۱۰)$$

$\Theta_{i-1}$ میانگین رطوبت حجمی خاک در عمق موثر ریشه در روز قبل $i$-1ام است. نفوذ عمقی بعد از بارندگی سنگین یا آبیاری از معادله زیر محاسبه شد(Allen et al.,1998):

$$DP_i = (P_i - RO_i) + I_i - ET_{c,\,i} - D_{r,\,i-1} \qquad (۱۱)$$

اجزاء معادله قبلاً توضیح داده شده است.

مقدار $Z_r$ عمق ریشه از معادله ارائه شده توسط Borg and

Archive of SID

www.SID.ir

Grimes (1986) (گزارش شده توسط Paul et al.,2000; Merrill et al.,2002; Hornbuckle et al.,2005) به دست آمد:

$$Z_r=Z_{r\,m}(0.5+0.5\mathrm{Sin}[3.03(DPA/DTM)-1.47]) \quad (۱۲)$$

که در $Z_r$ عمق ریشه، $Z_{rm}$ حداکثر عمق ریشه، $DPA$ روزهای بعد از آبیاری، $DTM$ تعداد روزهایی که بعد از آن ریشه به عمق حداکثر می‌رسد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط Mirzaee (2004) در سه منطقه استان همدان، حداکثر عمق ریشه ۱۰۰ سانتیمتر و تعداد روزهای که طول می‌کشد به این عمق برسد ۱۰۵ روز پس از کاشت است.

- $ETm$ از معادله

$$ET_m = K_c.ET_o \quad (۱۳)$$

به دست آمد که $ET_o$ تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش پنمن مانتیس و $K_c$ ضریب گیاهی است( Allen et al.,1998). ضریب $K_c$ از مقادیر بدست آمده توسط Rahimi (1998) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان برای چغندرقند استفاده شد.

نیاز آبی بدست آمده از رابطه ۱۳ در فاصله بین دو آبیاری محاسبه شد. آبیاری تیمار بدون تنش ($I_4$) بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام گردید. تیمارهای دیگر هم زمان با تیمار بدون تنش و بر اساس درصدهای ذکر شده آبیاری شدند. دور آبیاری، دور معمول منطقه و راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد، ولی با توجه به شرایط مزرعه هنگام آبیاری امکان داشت که این مقدار کاهش پیدا کند. در۲-۳ آب اول برای سبز شدن بذر چغندرقند مقدار آب زیادی مصرف می‌شود، که در آنها این راندمان در نظر گرفته نشده است. تیمارهای آبیاری با استفاده از بابلرهای نصب شده در داخل جویچه‌های با انتهای بسته یکی در ابتدای شیار و دیگری در فاصله ۵ متری از ابتدای شیار ( وسط شیار) قرار داده شد. از سیستم بابلر فقط به دلیل اعمال دقیق‌تر مقادیر آب آبیاری استفاده شد و در واقع روش آبیاری، روش سطحی بود که در منطقه مرسوم است. حجم آب آبیاری نیز با کنتور حجمی سه اینچ اندازه‌گیری شد(جدول ۴). در سال ۱۳۸۳ تعداد کل آبیاری‌ها ۱۹ عدد بود که چغندرقند در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم رشد به ترتیب ۳، ۳، ۶ و ۴ نوبت تنش آبی و در سال ۱۳۸۴ تعداد کل آبیاری‌ها ۲۱ عدد بود که چغندرقند در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم رشد به ترتیب ۲، ۳، ۹ و ۵ نوبت تنش آبی متحمل شد(جدول ۳).

رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR در تیمارهای آبیاری اندازه‌گیری شد. از این اندازه گیری‌های برای کنترل دور آبیاری استفاده شد، به این ترتیب که با توجه به دور آبیاری که دور معمول منطقه بود تنش ایجاد شده به گونه‌ای باشد تا اعتبار معادله ۱ حفظ شود. برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن‌مانتیس به صورت روزانه و همچنین برای محاسبه $K_s$ و $ET_a$ با استفاده از روابط ۴ تا ۱۲ برنامه‌های جداگانه‌ای در صفحه گسترده اکسل تهیه شد.

## نتایج و بحث

درجدول ۴ مقادیر $ET_a$ و $Y_a$ برای عملکرد ریشه و شکر آورده شده است.

$Y_m$ از روش ناحیه‌بندی بر اساس بوم شناسی زراعی فقط برای عملکرد شکر بدست می‌آید که در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ به ترتیب ۹۶۸۰/۸ و ۱۰۷۶۴/۶ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و چون در محدوده عملکردهای بدست آمده بود، ترجیحاً از مقادیر بدست آمده از دو روش دیگر برای بدست آوردن مقادیر عملکرد حداکثر استفاده شد. در جدول ۵ با توجه به اعداد بدست آمده رابطه رگرسیونی میان $ET_a$ و عملکرد ریشه و شکر در سال ۱۳۸۳و ۱۳۸۴ آورده شده است.

بر اساس روابط رگرسیونی در سال ۱۳۸۳ عملکرد ریشه و شکر به ترتیب ۵۳ و ۱۱/۳ تن در هکتار بدست آمد. در سال۱۳۸۴ بر اساس روابط رگرسیونی، عملکرد ریشه چغندرقند ۶۴/۴ تن در هکتار بدست آمد که از عملکرد ۱۰۰ درصد مرحله ۲ به مقدار ۶۷/۸ تن در هکتار کمتر است. به این دلیل از میانگین مقادیر حداکثر بدست آمده در تیمارهایی که بالاتر از ۶۴/۴ تن در هکتار عملکرد داشتند استفاده شد. مقدار حداکثر عملکرد ریشه ۶۹/۹ تن در هکتار و عملکرد شکر نیز ۱۴/۴ تن در هکتار بدست آمد.

در جدول ۶ رابطه رگرسیونی بین $1-(ET_a/ET_m)$ و $1-(Y_a/Y_m)$ و مقدار ضریب حساسیت به کم آبی($K_y$)برای مراحل مختلف رشد بر اساس عملکرد ریشه و شکر در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ نشان داده شده‌اند.

در سال ۱۳۸۳ ضریب حساسیت محصول به کم آبی بر اساس عملکرد ریشه در مرحله یک، دو، سه، چهار و کل دوره رشد به ترتیب برابر با ۱/۲۰، ۰/۸۵، ۱/۰۵، ۰/۷۷ و ۰/۹۶ بدست آمد. ضریب حساسیت محصول به کم آبی بر اساس عملکرد شکر در مرحله یک، دو، سه و چهار و کل دوره رشد به ترتیب برابر با ۱/۳۱، ۰/۸۲، ۱/۲۰، ۰/۸۴ و ۱/۰۵ بود. این نتایج نشان داد در سال ۱۳۸۳ مرحله اول رشد حساس‌ترین مرحله به تنش آبی بود و در مجموع هر چه به طرف انتهای فصل رشد نزدیکتر شده مقاومت به خشکی افزایش می‌یافت. در این سال مرحله دوم نسبت به مرحله سوم رشد مقاومت به خشکی بیشتری را نشان داد. علت اصلی آن نیز طول و شدت تنش آبی در مرحله سوم نسبت به مرحله دوم بود. در سال ۱۳۸۳ مرحله دوم و سوم رشد به ترتیب ۳ و ۶ نوبت تنش آبی متحمل شده‌اند. نتایج این سال نشان داد اثر تنش خشکی بر عملکرد شکر بیشتر از عملکرد ریشه گیاه بود. شکل ۱ ضریب حساسیت به کم آبی مراحل مختلف رشد چغندرقند را در سال ۱۳۸۳نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج سال ۱۳۸۴ نشان داد ضریب حساسیت محصول به کم آبی بر اساس عملکرد ریشه در مرحله یک، دو، سه، چهار و کل دوره رشد به ترتیب برابر با ۰/۹۵، ۰/۸۰، ۰/۸۲، ۱/۵۴ و۰/۹۲ بود. ضریب حساسیت محصول به کم آبی بر اساس عملکرد شکر در مرحله یک، دو، سه، چهار و کل دوره رشد به ترتیب برابر با ۱/۱۸، ۱/۱۵، ۱/۰۰، ۱/۵۲ و ۱/۱۱ بدست آمد.

هر چند در سال ۱۳۸۴ با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد مقاومت محصول نسبت به تنش آبی افزایش یافت، اما در این سال مرحله چهارم رشد بیشترین حساسیت را نسبت به تنش آبی نشان داد. به منظور دقت بیشتر در تخمین مقدار ضریب حساسیت به کم آبی در مرحله چهارم رشد داده‌های هواشناسی در مراحل مختلف رشد به صورت جداگانه در هر سال بررسی شد(جدول۲). مقادیر ضریب حساسیت به کم آبی در مرحله اول، دوم و سوم رشد در سال ۱۳۸۳ نسبت به سال ۱۳۸۴ مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد یعنی در سال ۱۳۸۳ در این سه مرحله مقدار حساسیت به کم آبی بیشتر از سال ۱۳۸۴ بوده است (هرچند در مرحله دوم رشد اختلاف چندانی ندارند). با توجه به روند موجود و مطالعات قبلی انتظار بر این است که در مرحله چهارم نیز این روند ادامه پیدا کند اما در مرحله چهارم رشد حساسیت محصول به کم آبی در سال ۱۳۸۴بیشتر از سال ۱۳۸۳ است. بررسی بیشتر داده‌های هواشناسی نشان می‌دهد در مرحله سوم رشد سال ۱۳۸۴ مقدار تبخیر و تعرق واقعی ۳۲۰ میلیمتر است در حالی که در مرحله چهارم رشد مقدار آن ۷۵ میلیمتر است با توجه به طول دوره رشد متفاوت، مقدار تبخیر و تعرق واقعی روزانه در مرحله سوم و چهارم رشد به ترتیب برابر ۴/۷ و ۱/۹ میلیمتر بود. در سال ۱۳۸۳ نیز مقدار تبخیر و تعرق واقعی به صورت روزانه در مرحله سوم و چهارم رشد به ترتیب برابر ۴/۴ و ۲/۲ میلیمتر بود. با توجه به خنک‌تر شدن هوا هنگام مرحله چهارم رشد و توسعه مناسب ریشه نسبت به مراحل رشد قبلی و مقایسه مقادیر ضریب حساسیت به کم آبی در سال۱۳۸۳ و مراحل اول تا سوم(به ترتیب ۰/۹۵ ، ۰/۸۰ و ۰/۸۲) سال ۱۳۸۴ با مرحله چهارم رشد سال ۱۳۸۴، به نظر می‌رسد مقدار $K_y$ محاسبه شده مرحله چهارم رشد سال ۱۳۸۴ صحیح نیست. به این دلیل از مقدار بدست آمده در سال ۱۳۸۳ استفاده شد. بر این اساس مقدار ضریب حساسیت ریشه و شکر در کل فصل رشد نیز به ترتیب ۰/۸۴ و ۱/۰۱ بدست می‌آید. نتایج این سال نیز نشان داد اثر تنش خشکی بر عملکرد شکر بیشتر از عملکرد ریشه گیاه بود.

مطالعات انجام شده در مورد ضریب حساسیت گیاه ($K_y$) چغندرقند، با توجه به سختی انجام این آزمایشات و نیاز به دقت کافی برای اعمال تیمارها، باعث شده که تقریباً تمامی منابع مقدار $K_y$ را برای کل دوره رشد ذکر نمایند. فائو نیز مقادیر $K_y$ را فقط برای کل دوره رشد ذکر کرده است. بررسی جدول ۳ نشان می‌دهد به دلیل کوتاهی دوره رشد و اعمال تنش در مرحله اول و دوم دامنه تغییرات تبخیر و تعرق واقعی کم بود که می‌تواند بر دقت نتایج موثر باشد. به این دلیل با تلفیق نتایج دو سال می‌توان به تخمین بهتری از مقدار ضریب حساسیت در این مراحل رسید. نتایج مرحله سوم رشد به دلیل طول مدت رشد و تنش در هر دو سال تخمین مناسبی را از مقدار $K_y$ ارائه نمود. تلفیق نتایج دو سال در جدول ۶ آمده است. با توجه به اینکه از مقادیر ضریب حساسیت محصول سال ۱۳۸۳ در سال ۱۳۸۴ استفاده شد بنا بر این ضریب حساسیت به کم آبی در مرحله اول، دوم، سوم، چهارم و کل دوره رشد بر اساس عملکرد ریشه به ترتیب برابر با ۱/۰۵، ۰/۸۲، ۰/۹۰، ۰/۷۷ و ۰/۸۸ و بر اساس عملکرد شکر به ترتیب برابر با ۱/۲۳، ۱/۰۲، ۱/۰۶، ۰/۸۴ و ۱/۰۳ بدست آمد.

در این پژوهش ضریب حساسیت عملکرد ریشه برای کل دوره رشد ۰/۸۸ بدست آمد. Bazza and Tayaa(1999)(گزارش شده توسط Moutonne,2002) ضریب حساسیت محصول چغندرقند را در روش شیاری برای کل دوره رشد ۰/۸۶ ذکر کرده‌اند. مقدار تخمین زده شده توسط FAO، ۰/۸ و ۰/۹ برای عملکرد شکر و ریشه در کل دوره رشد است. این مقادیر مستخرج از داده‌های ( Doorenbos and Kassam,1979) برای مقدار $K_y$ بسته به مقدار تنش بر اساس عملکرد شکر(۰/۶ تا ۱/۰) و ریشه (۰/۷ تا ۱/۱) است. $K_y$ بدست آمده در این تحقیق برای کل دوره رشد بر اساس عملکرد شکر و ریشه به ترتیب ۱/۰۳ و ۰/۸۸ بدست آمد که مقدار مربوط به عملکرد شکر فقط با حد بالا (۱/۰)، اما بر اساس عملکرد ریشه به مقدار متوسط ارائه شده توسط ایشان نزدیک است.

Ucan and Gencoelan (2004) مقدار $K_y$ را بر اساس عملکرد ریشه چغندرقند در کل دوره رشد طی دو سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ به ترتیب ۰/۷۳ و ۱/۳۲ بدست آوردند که تغییرات زیادی را نسبت به مقادیر بدست آمده در این تحقیق در دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ به ترتیب با ۰/۹۶ و ۰/۸۳ نشان می‌دهد.

Shrestha et al. (2009) مقدار $K_y$ را بر اساس عملکرد ریشه در کل دوره رشد ۱/۰۱ گزارش نمودند که با مقدار بدست آمده در این گزارش متفاوت است.

حساس‌ترین مرحله رشد چغندرقند به تنش آبی در این مطالعه مرحله اول رشد برای عملکرد ریشه و شکر به ترتیب با ضریب حساسیت ۱/۰۵ و۱/۲۳ بود. در واقع با وجود کوتاه بودن دوره رشد مرحله اول و کم بودن مقدار تنش در این مرحله نسبت به مراحل دیگر ضریب حساسیت بدست آمده، نشان دهنده حساسیت زیاد این مرحله به کمبود آب است. Doorenbos and Kassam (1979) گزارش نمودند چغندرقند در زمان جوانه‌زدن و حدود یک دوره یک ماهه بعد از جوانه‌زدن به کمبود آب حساس می‌باشد. همچنین (Hekamatshoar ,1992) نیز گزارش داد معمولاً چغندرقند نسبت به تنش‌های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است که نتایج این تحقیق را تایید می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر بدست آمده در این تحقیق نشان داد عملکرد ریشه نسبت به تنش آبی در مرحله دوم، سوم و چهارم رشد نسبتاً مقاوم است. اما در مرحله اول رشد، عملکرد ریشه نسبت به تنش آبی حساسیت متوسط دارد. در مورد ضریب حساسیت عملکرد شکر به کم آبی می‌توان گفت مرحله اول بسیار حساس به کم آبی، مرحله دوم حساسیت متوسط و مراحل سوم و چهارم نیز نسبتاً حساس به کم آبی بود. این مطالعه نشان داد حساسیت عملکرد شکر به کم آبی بیشتر از عملکرد ریشه بود. در تحقیق حاضر حساسیت چغندرقند به تنش آبی بسته به مرحله رشد و شدت تنش متوسط تا زیاد بدست آمد که با نتایج ارائه شده توسط FAO (Doorenbos and Kassam,1979) و (Shrestha et al.,2009) همخوانی دارد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد ضریب حساسیت به کم آبی نه تنها به گونه گیاهی، رقم، روش و مدیریت آبیاری و مرحله رشدی که کمبود تبخیر وتعرق در آن حادث شده بستگی دارد بلکه شدت و طول مدت تنش نیز بر آن موثر است.

بر اساس ضرایب حساسیت به کم آبی بدست آمده در این تحقیق، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد: ۱- از اعمال کم آبیاری در مرحله اول رشد پرهیز گردد. ۲- در صورت اعمال تنش آبی در مرحله سوم رشد، طول دوره کم آبیاری تمام طول دوره رشد را در بر نگیرد. ۳- در مرحله چهارم رشد چغندرقند نیز در صورت اعمال تنش، بهتر است شدت آن کم باشد.

**جدول۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی از عمق ۶۰-۰ سانتیمتری در دو سال زراعی**

| سال | بافت Texture | پتاسیم‌قابل‌جذبK (میلی‌گرم‌درکیلوگرم) | فسفر قابل جذبP (میلی‌گرم‌درکیلوگرم) | ازت کل Total N٪ | کربن‌آلی o.c٪ | درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V٪ | اسیدیته PH | هدایت الکتریکی ECds/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | CL | ۳۵۰ | ۱۰/۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴۲ | ۱۰/۵ | ۷/۸۵ | ۱ |
| ۱۳۸۴ | SL | ۲۳۵ | ۴ | ۰/۰۷ | ۰/۷ | ۶ | ۷/۷ | ۰/۷ |

**جدول۲- خلاصه داده‌های هواشناسی طی فصل رشد در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸٤**

| سال | مرحله رشد | ساعات آفتابی روزانه(hr) | حداقل دما (C°) | حداکثر دما (C°) | دمای متوسط (C°) | رطوبت نسبی حداقل(%) | رطوبت نسبی حداکثر(%) | رطوبت نسبی متوسط(%) | بارندگی(mm) | $ET_o$ (mm) | $ET_c$ (mm) | $ET_a$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | سبز شدن | ۱۱/۶ | ۸/۲ | ۲۷/۹ | ۱۸/۰ | ۲۱/۳ | ۷۰/۶ | ۴۶/۰ | ۰ | ۱۱۲/۲ | ۶۵/۱ | – |
| | استقرار | ۱۱/۳ | ۱۲/۴ | ۳۲/۸ | ۲۲/۶ | ۲۰/۵ | ۶۷/۵ | ۴۳/۸ | ۴۴/۹ | ۱۸۵/۵ | ۱۲۲/۳ | ۱۰۸/۴ |
| | مرحله دوم | ۱۲/۱ | ۱۲/۶ | ۳۵/۰ | ۲۳/۸ | ۱۴/۴ | ۵۷/۲ | ۳۵/۸ | ۰ | ۱۲۸/۳ | ۱۲۴/۰ | ۱۱۱/۵ |
| | مرحله سوم | ۱۱/۰ | ۱۱/۷ | ۳۲/۲ | ۲۱/۹ | ۱۹/۷ | ۵۸/۴ | ۳۹/۱ | ۰ | ۱۹۴/۶ | ۲۱۴ | ۱۹۰/۷ |
| | مرحله چهارم | ۱۰/۰ | ۴/۷ | ۲۶/۷ | ۱۵/۷ | ۱۶/۸ | ۶۲/۷ | ۳۹/۷ | ۰ | ۵۹/۸ | ۶۱/۹ | ۵۸/۱ |
| ۱۳۸۴ | سبز شدن | ۱۱/۶ | ۸/۱ | ۲۷/۰ | ۱۷/۶ | ۲۷/۶ | ۶۶/۵ | ۴۷/۰ | ۰ | ۹۵/۶ | ۵۵/۴ | – |
| | استقرار | ۱۲/۸ | ۱۰/۸ | ۳۲/۳ | ۲۱/۵ | ۱۷/۶ | ۵۴/۶ | ۳۶/۱ | ۰ | ۸۸/۰ | ۵۳/۲ | ۴۲/۶ |
| | مرحله دوم | ۱۱/۹ | ۱۴/۵ | ۳۵/۱ | ۲۴/۸ | ۱۹/۰ | ۵۰/۶ | ۳۴/۸ | ۰ | ۱۱۸/۳ | ۷۸/۱ | ۷۴/۱ |
| | مرحله سوم | ۱۱/۲ | ۱۱/۷ | ۳۳/۳ | ۲۲/۵ | ۲۰/۶ | ۶۰/۰ | ۴۰/۳ | ۱۱/۸ | ۳۳۴/۴ | ۳۵۰/۰ | ۳۱۹/۴ |
| | مرحله چهارم | ۹/۵ | ۴/۹ | ۲۵/۱ | ۱۵/۰ | ۲۵/۰ | ۶۱/۱ | ۴۳/۱ | ۰ | ۸۳/۴ | ۸۱/۴ | ۷۴/۴ |

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول۳- تاریخ‌های آبیاری در مراحل مختلف رشد در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸٤**

| سال \ مرحله رشد | سبز شدن | اول(استقرار) | دوم(رشد رویشی) | سوم(شکل‌گیری عملکرد) | چهارم(رسیدن تکنولوژیکی محصول) آخر آبیاری |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | ۸۳/۳/۱۴<br>۸۳/۳/۲۱<br>۸۳/۳/۲۷ | ۸۳/۴/۳<br>۸۳/۴/۱۰<br>۸۳/۴/۲۹ | ۸۳/۵/۶<br>۸۳/۵/۱۳<br>۸۳/۵/۲۰ | ۸۳/۵/۲۷<br>۸۳/۶/۴<br>۸۳/۶/۱۰<br>۸۳/۶/۱۸<br>۸۳/۶/۲۴ | ۸۳/۷/۱<br>۸۳/۷/۷<br>۸۳/۷/۱۴<br>۸۳/۷/۲۱<br>۸۳/۷/۲۹ |
| ۱۳۸٤ | ۸٤/۳/۲۸<br>۸٤/۳/۲<br>۸٤/۳/۱۱ | ۸٤/۳/۲۱<br>۸٤/۳/۲۸ | ۸٤/۴/۶<br>۸٤/۴/۱۴<br>۸٤/۴/۲۱ | ۸٤/۴/۲۸<br>۸٤/۵/۴<br>۸٤/۵/۱۱<br>۸٤/۵/۱۷<br>۸٤/۵/۲۴<br>۸٤/۵/۳۱<br>۸٤/۶/۷<br>۸٤/۶/۱۷<br>۸٤/۶/۲۴ | ۸٤/۷/۳<br>۸٤/۷/۱۰<br>۸٤/۷/۱۷<br>۸٤/۷/۲۴<br>۸٤/۸/۳ |

**جدول٤ - مقادیر مورد نیاز برای محاسبه ضریب حساسیت عملکرد ریشه و شکر چغندرقند در سال‌های ۸٤-۱۳۸۳**

| مرحله رشد | مرحله یک | | | | مرحله دو | | | | مرحله سه | | | | مرحله چهار | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار آبیاری | ٪۵۵ | ٪۷۰ | ٪۸۵ | ٪۱۰۰ | ٪۵۵ | ٪۷۰ | ٪۸۵ | ٪۱۰۰ | ٪۵۵ | ٪۷۰ | ٪۸۵ | ٪۱۰۰ | ٪۵۵ | ٪۷۰ | ٪۸۵ | ٪۱۰۰ |
| تبخیر و تعرق واقعی(mm) | ۵۱۱/۱ | ۵۱۳/۳ | ۵۱۴/۰ | ۵۱۴/۵ | ۴۷۸/۵ | ۵۱۳/۵ | ۵۱۵/۰ | ۵۱۶/۷ | ۴۰۷/۱ | ۴۳۸/۳ | ۴۶۹/۳ | ۴۹۷/۴ | ۴۷۰/۴ | ۴۷۳/۲ | ۴۷۵/۳ | ۴۷۸/۸ |
| ارتفاع آب آبیاری(mm) | ۶۴۹ | ۶۶۷/۲ | ۶۸۵/۵ | ۷۰۳/۹ | ۶۷۶/۶ | ۷۰۸/۶ | ۷۲۵/۸ | ۷۵۷/۲ | ۶۴۷/۱ | ۶۷۷/۶ | ۷۰۷/۹ | ۷۳۸/۵ | ۶۲۷/۹ | ۶۳۹/۱ | ۶۴۷/۶ | ۶۶۱/۹ |
| عملکرد ریشه(ton/ha) | ۴۵/۳ | ۵۰/۳ | ۴۷/۲ | ۵۱/۹ | ۴۸/۲ | ۴۷/۵ | ۵۳/۸ | ۵۲/۸ | ۳۹/۵ | ۴۲/۲ | ۴۳/۳ | ۴۹/۵ | ۴۷/۲ | ۴۸/۰ | ۵۰/۸ | ۴۹/۶ |
| عملکرد شکر(ton/ha) | ۸/۸۳ | ۹/۸۷ | ۹/۲۵ | ۹/۹۴ | ۹/۹۶ | ۹/۲۳ | ۱۰/۵۰ | ۱۰/۳۳ | ۷/۴۳ | ۸/۰۱ | ۷/۹۳ | ۹/۴۳ | ۹/۲۰ | ۹/۳۶ | ۱۰/۱۳ | ۹/۳۴ |
| تبخیر و تعرق واقعی(mm) | ۵۰۱/۱ | ۵۱۵/۳ | ۵۲۷/۷ | ۵۲۹/۸ | ۴۸۳/۳ | ۵۰۶/۵ | ۵۲۹/۹ | ۵۳۲/۸ | ۳۱۰/۸ | ۴۰۲/۲ | ۴۹۲/۸ | ۵۲۹/۹ | ۵۱۶/۶ | ۵۲۳/۰ | ۵۲۶/۷ | ۵۳۱/۷ |
| ارتفاع آب آبیاری( mm ) | ۸۵۳/۲ | ۸۶۲/۳ | ۸۷۱/۴ | ۸۸۰/۶ | ۸۳۸/۹ | ۸۵۲/۰ | ۸۶۹/۰ | ۸۸۲/۱ | ۶۹۱/۱ | ۷۴۳/۵ | ۷۳۹/۵ | ۸۴۴/۲ | ۸۵۰/۰ | ۸۷۲/۳ | ۸۸۷/۷ | ۹۰۶/۹ |
| عملکرد ریشه(ton/ha) | ۵۹/۳۳ | ۵۹/۴۸ | ۵۹/۵۸ | ۵۷/۲۹ | ۵۷/۲۲ | ۶۰/۸۱ | ۵۶/۸۵ | ۶۷/۸۴ | ۴۴/۷۷ | ۴۵/۶ | ۵۷/۹۴ | ۶۱/۰۱ | ۵۲/۱۱ | ۴۷/۷۶ | ۵۷/۵ | ۵۷/۳۴ |
| عملکرد شکر(ton/ha) | ۱۱/۷۰ | ۱۱/۹۰ | ۱۱/۲۲ | ۱۱/۴۷ | ۱۰/۶۴ | ۱۱/۸۹ | ۱۰/۷۳ | ۱۲/۹۷ | ۸/۳۰ | ۸/۲۷ | ۱۱/۱۳ | ۱۱/۸۲ | ۱۰/۹۶ | ۹/۹۱ | ۱۱/۷۶ | ۱۱/۶۰ |

**جدول ۵ - رابطه تبخیر و تعرق واقعی و عملکرد طی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸٤**

| سال | عملکرد | $F$ | $r^2$ | |
|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | ریشه | ۱۸/۸۰۵*** | ۰/۵۷۳ | $Y_a = ۰/۰۹۳\ ET_a + ۲/۶۵۹$ |
| | شکر | ۱۵/۸۶۹** | ۰/۵۳۱ | $Y_a = ۰/۰۲۰\ ET_a - ۰/۵۷۸$ |
| ۱۳۸٤ | ریشه | ۱۶/۱۷۲** | ۰/۵۳۴ | $Y_a = ۰/۰۶۹\ ET_a + ۲۱/۷۷۱$ |
| | شکر | ۲۷/۷۰۵*** | ۰/۶۶۴ | $Y_a = ۰/۰۱۷\ ET_a + ۲/۳۸۲$ |

Archive of SID

www.SID.ir

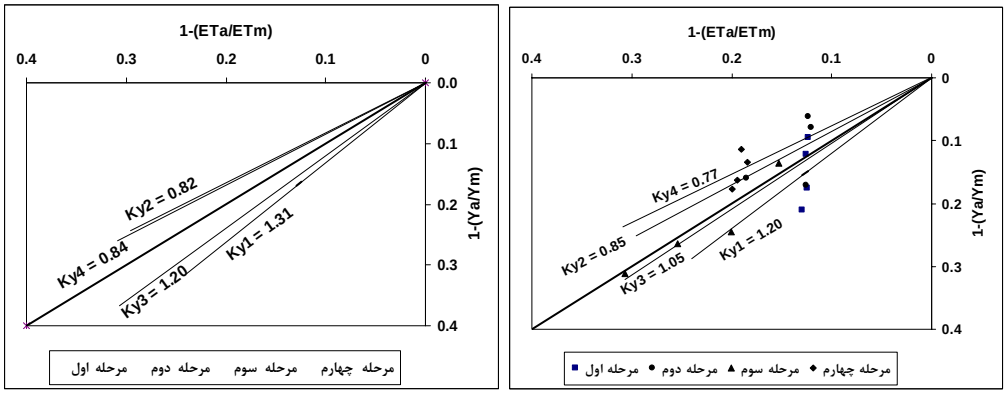
**جدول ٦ - مقادیر $K_y$ در دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸٤**

| سال | | مرحله رشد | $F$ | $r^2$ | $K_y$ | معادله |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | عملکرد ریشه | اول | ۳۷/۰۵* | ۰/۹۲۵ | ۱/۲۰ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/20[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۲۶/۵۶* | ۰/۸۹۹ | ۰/۸۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/85[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۳۸۸/۱۰** | ۰/۹۹۲ | ۱/۰۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/05[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | ۱۳۵/۸۴** | ۰/۹۷۸ | ۰/۷۷ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/77[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۲۳۷/۵۹*** | ۰/۹۴۱ | ۰/۹۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/95[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | عملکرد شکر | اول | ۵۶/۰۵* | ۰/۹۴۹ | ۱/۳۱ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/31[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۱۸/۸۵* | ۰/۸۶۳ | ۰/۸۲ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/82[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۲۱۵/۵۱** | ۰/۹۸۶ | ۱/۲۰ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/20[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | ۸۰/۴۸* | ۰/۹۶۴ | ۰/۸۴ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/84[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۲۰۰/۴۶*** | ۰/۹۳۰ | ۱/۰۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/05[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| ۱۳۸۴ | عملکرد ریشه | اول | ۹۰/۹۸** | ۰/۹۶۸ | ۰/۹۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/95[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۱۹/۱۷* | ۰/۸۶۵ | ۰/۸۰ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/80[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۱۳۹/۵۵** | ۰/۹۷۹ | ۰/۸۲ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/82[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | – | – | – | - |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۳۲۰/۱۹*** | ۰/۹۵۵ | ۰/۸۲ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/91[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | عملکرد شکر | اول | ۸۳/۲۹* | ۰/۹۸۲ | ۱/۱۸ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/18[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۳۶/۰۹* | ۰/۹۲۳ | ۱/۱۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/15[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۹۹/۰۸** | ۰/۹۷۱ | ۱/۰۰ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/00[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | - | - | - | - |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۲۷۷/۰۷*** | ۰/۹۴۹ | ۱/۰۱ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/01[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| تلفیق ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ | عملکرد ریشه | اول | ۹۹/۹۴*** | ۰/۹۳۵ | ۱/۰۵ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/05[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۵۰/۳۴*** | ۰/۸۷۸ | ۰/۸۲ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/82[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۲۳۷/۳۳*** | ۰/۹۷۱ | ۰/۹۰ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/90[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | ۱۳۵/۸۴** | ۰/۹۷۸ | ۰/۷۷ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/77[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۵۱۷/۸۹*** | ۰/۹۴۳ | ۰/۸۸ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/88[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | عملکرد شکر | اول | ۱۵۱/۵۷*** | ۰/۹۵۶ | ۱/۲۳ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/23[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | دوم | ۵۴/۲۸*** | ۰/۸۸۶ | ۱/۰۲ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/02[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | سوم | ۲۲۱/۳۷*** | ۰/۹۶۹ | ۱/۰۶ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/06[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | چهارم | ۸۰/۴۸* | ۰/۹۶۴ | ۰/۸۴ | $1-(Y_a/Y_m) = 0/84[1-(ET_a/ET_m)]$ |
| | | کل‌دوره‌رشد | ۴۹۲/۸۰*** | ۰/۹۴۱ | ۱/۰۳ | $1-(Y_a/Y_m) = 1/03[1-(ET_a/ET_m)]$ |

*، **، *** به ترتیب در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد معنی‌دار

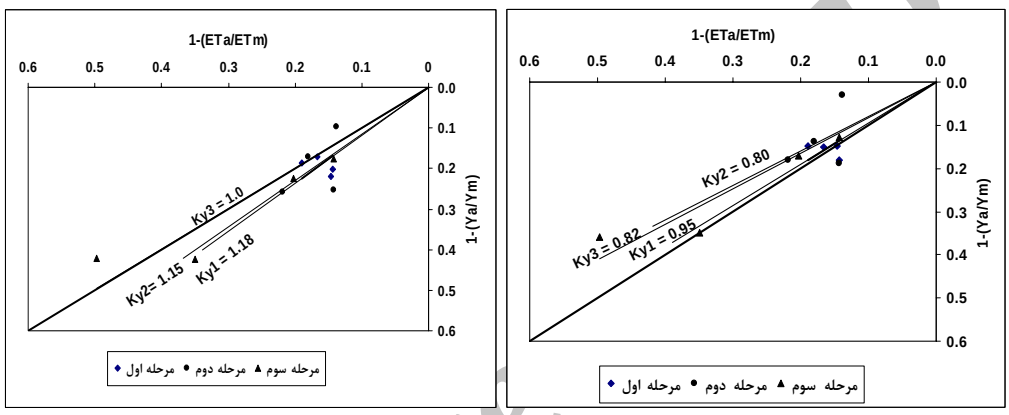
Archive of SID

www.SID.ir



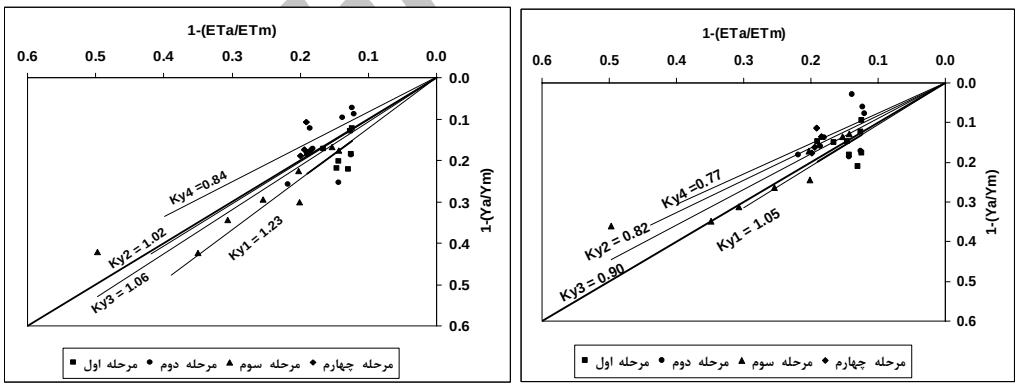

ب الف

**شکل۱- ضریب حساسیت ریشه(الف) و شکر (ب) در مراحل مختلف رشد سال ۱۳۸۳**




ب الف

**شکل۲- ضریب حساسیت ریشه(الف) و شکر (ب) در مراحل مختلف رشد سال ۱۳۸٤**




**ب** **الف**

**شکل۳- ضریب حساسیت ریشه(الف) و شکر (ب) در مراحل مختلف رشد سال‌های۸٤ -۱۳۸۳**

## مراجع :

Allen, R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy.

Bazza M and M Tayaa Contribution to improve sugar beet deficit-irrigation. In: C. Kirda, P. Moutonnet, C. Hera, D.R. Nielsen, eds. Crop yield response to deficit irrigation, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.(1999).

www.SID.ir

Doorenbos، J. and A. H. Kassam.(1979).Yield response to water. Irrigation and Drinage paper No 33. FAO. Rome،Italy.193 pp.

Hekamatshoar H.(1992).Plant physiology in hard situation. Tzbriz. (Translated in Farsi)

Hornbuckle، J.،E. W. Christen، G. podger، R. White، S. Seaton، J. M. Perraud and J. Rahman.(2005). iddalik: An Irrigation Area Model for Predicting and Managing Drainage Return Flows.

Jafari A.M. and S. M. Rezvani.(2002). Proper methods for confronting with water critical in Hamedan province. Governmental Programming and Management Deputy of Hamedan. 365p (in Farsi)

Kirda C. (2002). Dificit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerence. In: Deficit irrigation practices. FAO.

Liu W.Z., D.J. Hunsaker,Y.S. Li, X.Q. Xie, G.W. Wall.(2002). Interrelations of yield, evapotranspiration, and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. Agricultural Water Management. No.56. 143-151.

Merrill، S. D.، D. L. Taraka and J. D. Hanson.(2002). Root Length Growth of Eight Crop Species in Haplustoll Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:913–923.

Mirzaee M. R.(2004). Invistigation of sugarbeet growth in Hamedan.Sugar beet research institute. Final report No:84/10175. (in Farsi)

Moutonnet ،P.(2002).Yield reponse factors of field crops to deficit irrigation. In: Deficit Irrigation practices. FAO. Rome, Italy, pp. 11-15.

Paul S.، S. Panda، and D. Nagesh Kumar.(2000). Optimal Irrigation Allocation : A Multilevel Approach. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol.126،No.3.

Raine S. R.(1999). Development and extension in irrigation and water use efficiency: a review for the rural water use efficiency inititive. National Centre for Engineering in Agriculture and University of Southern Queensland. NCEA Publication 179743/2.

Rahim M.(1998). Determination of sugar beet potential water ues. Final report No:123-15-73045. 12p. (in Farsi)

Sepaskhah A.R. and Z. Beirouti. (2009). Effect of irrigation interval and water salinity on growth of madder (*Rubina tinctorum* L.). International Journal of Plant Production 3 (3).

Shrestha N., S. Geerts, D. Raes, S. Horemans, S. Soentjens, F. Maupas, P. Clouet ،(2009). Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. Agricultural Water Management (In press).

UcanK. and C. Gencoglan.(2004).The effect of water deficit on yield and yield components of sugarbeet.Turk. J. Agric. For., 28, (2004), 163-172.

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۴
تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۹

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 408-418

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۴۱۸-۴۰۸

# Determination of Water Deficit Sensibility in Four Stages of Sugar Beet Growth in Hamedan

**S. Rezvani[1]*, M. Mirzaee[2] and E. Bayat[3]**

## Abstract

Water crisis is main factor of agronomy limitation in all over the arid and semiarid area such as Hamedan. In these areas, water is not enough to meet crop water requirement during the growing period. Thus knowledge of sensitive irrigation timing is necessary for maximize yields and profits. A randomized complete block design on basis of split plot with four replications was applied to calculate the crop sensitivity factor and water stress effect in different growth stages of sugar beet. Experiment was carried out during the period of 2004-5 in Ekbatan station of agricultural and natural resources research center of Hamedan province. Growth stages were considered base on FAO growth periods and four irrigation treatments include %100، %85، %70 and %55 of irrigation water requirement were applied. Yield response factor on the basis root yield in first, second, third and fourth growth stage was 1.05, 0.82, 0.90 and 0.77 respectively. For sugar yield, this factor was 1.23, 1.02, 1.06, 0.84 and for total growth, stage for root and sugar was 0.88 and 1.03 respectively.

**Key words**: Sugar beet, Yield response factor, Dry stress

Archive of SID

1 -Scientific Staff Member of Agricultural and natural Resources Research Center of Hamedan
(* - Corresponding Author Email: moin.rezvani@gmail.com)
2-Scientific Staff Member of Agricultural and natural Resources Research Center of Hamedan
3- Hydaulic structers Engineer ahd Former Gradute Student Irrigation and Reclamation Engrg. Dept., University of Tehran

www.SID.ir