۱-۱۲ تعیین تبخیرتعرق یا نیاز آبی

مقدمه

باتوجه به اینکه از خاک و جامعه گیاهی به‌طور مداوم تبخیر و تعرق انجام می‌گیرد، بنابراین، برای جبران آب ازدست‌رفته به‌وسیله تبخیرتعرق و درحقیقت عدم‌مواجه‌شدن گیاه با تنش خشکی، وجود بارندگی و یا انجام آبیاری ضروری است. مقدار آب موردنیاز برای جبران تبخیرتعرق گیاه[۱] در شرایط مطلوب، نیاز آبی گیاه[۲] نامیده می‌شود. لازم‌به‌ذکر است که شرایط مطلوب رشد به شرایطی گفته می‌شود که گیاه دچار بیماری، کمبود موادغذایی و حتی کمبود آب خاک نبوده و درواقع شرایط برای رشدونمو آن ایده‌آل باشد.

به‌طورکلی، نیاز آبی یا تبخیرتعرق را می‌توان برای دوره‌های مختلف زمانی مانند میلی‌متر در هفته، میلی‌متر در ماه و میلی‌متر در سال محاسبه کرد. برای هر دوره زمانی موردنظر، نیاز آبی گیاه ازطریق رابطه۱-۱۲ بیان می‌شود (لومیس و کانر، ۱۹۹۲):

$$CWR = ET_c = ET_o K_c \qquad (۱-۱۲)$$

که در آن، ET_c تبخیرتعرق گیاه، ET_o تبخیرتعرق مرجع و K_c ضریب گیاهی هستند. تبخیرتعرق مرجع عبارت از تبخیرتعرق از یک پوشش چمنی یکنواخت به ارتفاع ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر است. این پوشش چمنی باید دارای رشد فعال بوده، زمین را کاملاً پوشانده باشد و با کمبود آب نیز مواجه نباشد. K_c ضریبی است که به نوع و گونه گیاهی و مرحله رشد بستگی داشته و درحقیقت نسبت تبخیرتعرق گیاه زراعی به تبخیرتعرق مرجع می‌باشد.

به‌عبارت دیگر، تبخیرتعرق گیاه یا نیاز آبی معادل مقدار آبی است که باید درطی هر ماه دراختیار گیاه قرار گیرد. لازم‌به‌ذکر است که قسمتی از این آب توسط بارندگی و قسمتی دیگر توسط ذخیره خاک در اول فصل تأمین می‌شود و مابقی آن باید به‌صورت آبیاری به خاک اضافه شود.

۲-۱۲ تعیین تبخیرتعرق مرجع

روش‌های مختلفی برای تعیین تبخیرتعرق مرجع وجود دارند. چهارروش بلانی-کریدل (Blaney-Criddle)، تشعشع[۱]، پنمن (Penman) و تشت تبخیر[۲] اغلب موردتوجه قرار گرفته و همراه‌با روش پریستلی-تیلور (Priestly & Taylor) مهم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری و برآورد تبخیرتعرق مرجع هستند (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷). از این میان، روش پنمن و به‌خصوص روش پنمن-مونتیث بهترین نتایج را به‌دست داده و به‌صورت‌های مختلف مورداستفاده قرار گرفته است. در این بخش برای اندازه‌گیری تبخیرتعرق مرجع از روش پریستلی-تیلور استفاده شده و دوره محاسبه آن‌را ماه درنظر می‌گیریم. علت استفاده از این روش آن‌است‌که به داده‌های محدودی نیاز دارد و کاربرد آن آسان است.

به‌هرحال، هدف اصلی تعیین تبخیرتعرق مرجع، محاسبه تبخیرتعرق گیاه می‌باشد. تبخیرتعرق مرجع را می‌توان با هر روشی، بسته به دقت موردنیاز و داده‌های در دسترس، حساب کرد. به‌طورکلی، دمای حداکثر، دمای حداقل، تشعشع خورشیدی، سرعت باد، رطوبت نسبی و بارندگی داده‌های معمول و موردنیاز برای محاسبه تبخیرتعرق مرجع هستند و باتوجه به‌روش به‌کاررفته، می‌توان از همه یا تعدادی از این متغیرها استفاده کرد. در روش پریستلی-تیلور، تبخیرتعرق مرجع ازطریق رابطه۲-۱۲ محاسبه می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۴):

$$ET_o = EEQ \times ۰٫۰۱ \times e^{[۰٫۱۸ \times (T_{max} + ۲۰)]} \quad \text{اگر } T_{max} < ۵ \quad (۱۲-۲)$$

$$ET_o = EEQ \times ۱٫۱ \quad \text{اگر } ۵ \leq T_{max} \leq ۳۴$$

$$ET_o = EEQ \times [(T_{max} - ۳۴) \times ۰٫۰۵ + ۱٫۱] \quad \text{اگر } T_{max} > ۳۴$$

که در آن، T_{max} دمای حداکثر و EEQ تبخیرتعرق معادل[۳] است و ازطریق رابطه۳-۱۲ بیان می‌شود:

$$EEQ = (SRAD \times ۰٫۰۰۳۸۷) \times (TD + ۲۹) \quad (۱۲-۳)$$

$$TD = ۰٫۶ \times T_{max} + ۰٫۴ \times T_{min}$$

که در آن، T_{min} دمای حداقل، SRAD تشعشع خورشیدی رسیده به سطح زمین برحسب مگاژول بر مترمربع در روز و TD میانگین دمای روزانه هستند. بنابراین، در این روش فقط به سه داده دمای حداکثر، دمای حداقل و تشعشع خورشیدی نیاز است.

در بسیاری‌از موارد تشعشع خورشیدی دردست نبوده و لازم‌است مقدار آن تخمین زده شود. تشعشع خورشیدی را می‌توان بااستفاده‌از تشعشع خورشیدی رسیده به بالای اتمسفر و تعداد ساعات آفتابی برآورد کرد (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷؛ رابطه۴-۱۲):

$$SRAD = ۰٫۲۵ + \left(۰٫۵ \times \frac{n}{N}\right) DSO \quad (۱۲-۴)$$

در این رابطه، DSO تشعشع خورشیدی رسیده به بالای اتمسفر برحسب مگاژول بر مترمربع در روز، n تعداد ساعات آفتابی و N تعداد ساعات روز یا طول روز هستند. تشعشع خورشیدی رسیده به بالای اتمسفر و طول روز بااستفاده‌از معادلات استاندارد اقلیم‌شناسی قابل‌محاسبه‌اند. در جدول۱-۱۲، مقادیر این دو متغیر برای ماههای مختلف میلادی سال در عرض‌های جغرافیایی مختلف آورده شده است. بااستفاده‌از جدول۱-۱۲ و داشتن ماه موردنظر و عرض جغرافیایی، می‌توان مقدار تشعشع خورشیدی رسیده به بالای اتمسفر و طول روز را به‌دست آورد و با قراردادن آن‌ها در معادله۴-۱۲ تشعشع خورشیدی رسیده به سطح زمین را محاسبه کرد.

جدول۱-۱۲ مقادیر طول روز (N) و تشعشع خورشیدی (DSO) در بالای اتمسفر برای عرض‌های مختلف جغرافیایی و ماههای مختلف.

عرض جغرافیایی		ماه											
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۳۰	N	۱۰٫۲۷	۱۰٫۹۷	۱۱٫۷۸	۱۲٫۷۱	۱۳٫۴۹	۱۳٫۹۲	۱۳٫۷۵	۱۳٫۰۷	۱۲٫۱۷	۱۱٫۲۸	۱۰٫۴۸	۱۰٫۰۸
	DSO	۲۱٫۱۴	۲۵٫۹۴	۳۱٫۴۴	۳۶٫۷۵	۴۰٫۰	۴۱٫۲۵	۴۰٫۶۳	۳۸٫۰۶	۳۳٫۴۸	۲۷٫۷۹	۲۲٫۴	۱۹٫۷۹
۳۲	N	۱۰٫۱۳	۱۰٫۸۸	۱۱٫۷۶	۱۲٫۷۷	۱۳٫۶۱	۱۴٫۰۸	۱۳٫۹	۱۳٫۱۶	۱۲٫۱۹	۱۱٫۲۲	۱۰٫۳۵	۹٫۹۲
	DSO	۱۹٫۹۴	۲۴٫۹	۳۰٫۶۷	۳۶٫۳۹	۴۰٫۰۱	۴۱٫۴۶	۴۰٫۷۶	۳۷٫۸۷	۳۲٫۸۸	۲۶٫۸۵	۲۱٫۲۵	۱۸٫۵۷
۳۴	N	۹٫۹۸	۱۰٫۷۹	۱۱٫۷۴	۱۲٫۸۳	۱۳٫۷۴	۱۴٫۲۵	۱۴٫۰۵	۱۳٫۲۵	۱۲٫۲	۱۱٫۱۶	۱۰٫۲۲	۹٫۷۵
	DSO	۱۸٫۷۳	۲۳٫۸۳	۲۹٫۸۶	۳۵٫۹۸	۳۹٫۹۷	۴۱٫۶۳	۴۰٫۸۵	۳۷٫۶۴	۳۲٫۲۴	۲۵٫۸۸	۲۰٫۰۸	۱۷٫۳۴
۳۶	N	۹٫۸۲	۱۰٫۷	۱۱٫۷۲	۱۲٫۸۹	۱۳٫۸۸	۱۴٫۴۳	۱۴٫۲۱	۱۳٫۳۵	۱۲٫۲۲	۱۱٫۰۹	۱۰٫۰۸	۹٫۵۷
	DSO	۱۷٫۵۲	۲۲٫۷۳	۲۹٫۰۲	۳۵٫۵۳	۳۹٫۹	۴۱٫۷۷	۴۰٫۹	۳۷٫۳۶	۳۱٫۵۶	۲۴٫۸۸	۱۸٫۸۹	۱۶٫۱
۳۸	N	۹٫۶۵	۱۰٫۶	۱۱٫۷	۱۲٫۹۶	۱۴٫۰۲	۱۴٫۶۲	۱۴٫۳۸	۱۳٫۴۵	۱۲٫۲۳	۱۱٫۰۲	۹٫۹۳	۹٫۳۸
	DSO	۱۶٫۲۹	۲۱٫۶۲	۲۸٫۱۴	۳۵٫۰۴	۳۹٫۷۹	۴۱٫۸۷	۴۰٫۹۲	۳۷٫۰۵	۳۰٫۸۴	۲۳٫۸۵	۱۷٫۷	۱۴٫۸۶
۴۰	N	۹٫۴۷	۱۰٫۵	۱۱٫۶۸	۱۳٫۰۳	۱۴٫۱۸	۱۴٫۸۲	۱۴٫۵۷	۱۳٫۵۶	۱۲٫۲۵	۱۰٫۹۵	۹٫۷۷	۹٫۱۷
	DSO	۱۵٫۰۵	۲۰٫۴۸	۲۷٫۲۳	۳۴٫۵۱	۳۹٫۶۳	۴۱٫۹۳	۴۰٫۹	۳۶٫۶۹	۳۰٫۰۸	۲۲٫۸	۱۶٫۴۹	۱۳٫۶۲
۴۲	N	۹٫۲۷	۱۰٫۳۹	۱۱٫۶۶	۱۳٫۱۱	۱۴٫۳۴	۱۵٫۰۴	۱۴٫۷۶	۱۳٫۶۸	۱۲٫۲۷	۱۰٫۸۷	۹٫۶۱	۸٫۹۶
	DSO	۱۳٫۸۲	۱۹٫۳۲	۲۶٫۲۸	۳۳٫۹۴	۳۹٫۴۴	۴۱٫۹۶	۴۰٫۸۴	۳۶٫۳	۲۹٫۲۹	۲۱٫۷۲	۱۵٫۲۸	۱۲٫۳۸

* تشعشع خورشیدی در بالای اتمسفر، برحسب مگاژول بر مترمربع در روز می‌باشد.

۳-۱۲ تعیین ضریب گیاهی

به‌طورکلی، ضریب گیاهی (K_c) به درصد پوشش زمین توسط گیاه بستگی دارد. معمولاً مقادیر ضریب گیاهی در هر مرحله از رشد گیاهان مختلف مشخص بوده و قبلاً توسط آزمایش‌های مختلف تعیین شده است، ولی درصورت مشخص‌نبودن ضریب گیاهی می‌توان ضریب گیاهی را مستقیماً اندازه‌گیری کرد. برای تعیین ضریب گیاهی در گیاهان زراعی دانه‌ای، فصل رشد گیاه به چهار دوره تقسیم می‌شود (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷):

(۱) مرحله اول. سبزشدن و رشد اولیه در این مرحله رخ می‌دهد و سطح زمین دارای پوشش گیاهی کمتر از ۱۰٪ می‌باشد.

(۲) مرحله دوم یا مرحله رشد خطی. از خاتمه مرحله اول تا زمانی‌است که گیاه زمین را تقریباً به‌طور کامل بپوشاند. درواقع، پوشش زمین در انتهای مرحله دوم حدود ۸۰-۷۰٪ است.

(۳) مرحله سوم یا مرحله میانی. از زمان حصول پوشش کامل زمین توسط کانوپی تا زمانی‌که بر اثر ریزش و پیرشدن برگ‌ها، پوشش زمین روبه‌نزول و کاهش بگذارد. معمولاً در گیاهان زراعی، انتهای مرحله سوم بعد از گلدهی و زمان دانه بستن حادث می‌شود.

(۴) مرحله چهارم یا مرحله آخر. از پایان مرحله سوم تا زمان رسیدگی کامل گیاه طول می‌کشد.

برای تعیین ضریب گیاهی، ابتدا باید طول هر یک از مراحل رشدی فوق برای گیاه موردنظر و باتوجه به تاریخ کاشت و شرایط محیطی تعیین شود. درصورتی‌که چنین اطلاعاتی دردسترس نباشد، برای این منظور می‌توان از جدول‌هایی مانند جدول۲-۱۲ استفاده کرد.

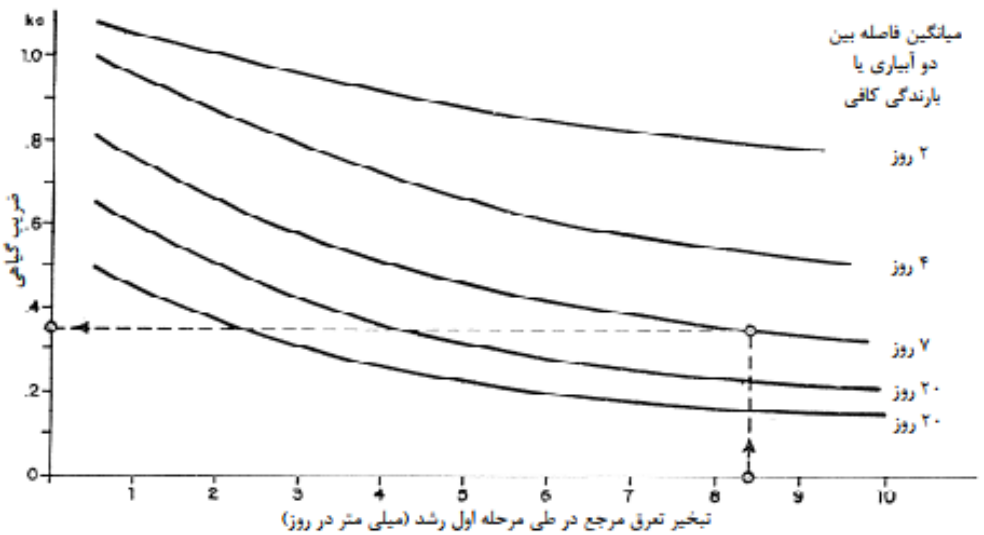
جدول۲-۱۲ طول مراحل نمو و مجموع دوره رشد چند گیاه زراعی در نواحی و تاریخ‌های کاشت مختلف[1] (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷).

گیاه	مکان	تاریخ کاشت	مرحله				دوره رشد
			اول	دوم	سوم	چهارم	
جو، گندم و یولاف	هند	نوامبر	۱۵	۲۵	۵۰	۳۰	۱۲۰
	شرق آفریقا	جولای	۱۵	۳۰	۶۵	۴۰	۱۵۰
لوبیا سبز	کالیفرنیا	فوریه و مارس	۲۰	۳۰	۳۰	۱۰	۹۰
	کالیفرنیا و مصر	آگوست و سپتامبر	۱۵	۲۵	۲۵	۱۰	۷۵
چغندرقند	نواحی مدیترانه‌ای	بهار	۱۵	۲۵	۲۰	۱۰	۷۰
	نواحی مدیترانه‌ای	اوایل بهار	۲۵	۳۰	۲۵	۱۰	۹۰
ذرت شیرین	فیلیپین	اوایل مارس	۲۰	۲۰	۳۰	۱۰	۸۰
	نواحی خشک	اوایل فصل خنک	۲۰	۳۰	۵۰	۱۰	۱۱۰
ذرت دانه‌ای	شرق آفریقا	بهار	۳۰	۵۰	۶۰	۴۰	۱۸۰
	جنوب اسپانیا	اوایل بهار	۳۰	۴۰	۵۰	۳۰	۱۵۰
پنبهٔ	مصر	مارس	۳۰	۵۰	۶۰	۵۵	۱۹۵
	تگزاس	بهار	۳۰	۵۰	۵۵	۴۵	۱۸۰
کاهو	نواحی مدیترانه‌ای	بهار	۲۰	۳۰	۱۵	۱۰	۷۵
	نواحی مدیترانه‌ای	اواخر زمستان	۳۰	۴۰	۲۵	۱۰	۱۰۵
نخود	نواحی سرد	اوایل تابستان	۱۵	۲۵	۳۵	۱۵	۹۰
	نواحی مدیترانه‌ای	اواخر زمستان	۲۵	۳۰	۳۰	۱۵	۱۰۰
سورگوم	نواحی خشک	تابستان	۲۰	۳۰	۴۰	۳۰	۱۲۰
	نواحی گرم و خشک	اوایل بهار	۲۰	۳۵	۴۵	۳۰	۱۳۰
لوبیا روغنی	ایالات متحده آمریکا	مه	۲۰	۳۵	۶۰	۲۵	۱۴۰
	ژاپن	اوایل تا اواسط ژوئن	۲۰	۲۵	۷۵	۳۰	۱۵۰
آفتابگردان	نواحی مدیترانه‌ای	بهار	۲۵	۳۵	۴۵	۲۵	۱۳۰
	کالیفرنیا	اوایل تابستان	۲۰	۳۵	۴۵	۲۵	۱۲۵
گوجه‌فرنگی	نواحی خشک	اواخر پاییز	۳۵	۴۵	۷۰	۳۰	۱۸۰
	نواحی مدیترانه‌ای	بهار	۳۰	۴۰	۴۵	۳۰	۱۴۵
خانواده کراسیفر	نواحی مدیترانه‌ای	کشت بهاره	۲۰	۳۰	۲۰	۱۰	۸۰
	نواحی مدیترانه‌ای	کشت پاییزه	۳۰	۳۵	۹۰	۴۰	۱۹۵

۱. مرحله اول شامل سبزشدن و رشد اولیه، مرحله دوم شامل رشد خطی، مرحله سوم از پوشش کامل زمین تا شروع پیرشدن برگ‌ها و مرحله چهارم از شروع پیرشدن تا رسیدگی کامل گیاه است.

در مرحلـه اول رشـد گیـاه، ضـریب گیـاهی بااسـتفاده‌از شـکل ۱-۱۲ و بااسـتفاده‌از تبخیرتعـرق مرجعی که در این مرحله حادث می‌شـود و باتوجـه بـه فواصـل زمـانی مرطـوب‌شـدن خـاک توسـط آبیـاری یـا بارنـدگی بـه‌دسـت مـی‌آیـد. بـرای مثـال، اگـر پنبـه در گرگـان در اول مـاه مـه (۱۱ اردیبهشـت) کشـت شـود، دوره ۳۰ روزه مرحلـه اول آن در مـاه پـنجم مـیلادی رخ مـی‌دهـد، کـه میـانگین تبخیرتعـرق مرجـع درطـی ایـن دوره حـدود ۴٫۱۹ میلـی‌متـر در روز مـی‌باشـد. اگـر فـرض شود که در ماه مه، هـر ۱۰ روز یـک‌بـار آبیـاری یـا بارنـدگی قابـل‌ملاحظـه صـورت مـی‌گیـرد، مقـدار ضریب گیاهی برای مرحله اول، حدود ۰٫۳۵ خواهد بود.

بـرای مراحـل سـوم و چهـارم رشـد گیـاه، ضـریب گیـاهی را مـی‌تـوان از جـدول‌هـایی ماننـد جـدول۳-۱۲ بـه‌دسـت آورد. بـرای مثـال، در گرگـان، مراحـل سـوم و چهـارم رشـد پنبـه درطـی ماههای هفتم تا دهم سـال رخ مـی‌دهـد کـه معمـولاً درطـی ایـن دوره رطوبـت نسـبی (RH) بیشـتر از ۵۰٪ و سرعت باد بین ۰ تـا ۵ متربرثانیـه مـی‌باشـد. بنـابراین، ضـریب گیـاهی پنبـه در مرحلـه سـوم و چهـارم رشـد، بـه‌ترتیـب معـادل ۱٫۰۵ و ۰٫۶۵ خواهـد بـود. لازم‌بـه‌ذکـر اسـت کـه بـرای مرحلـه دوم رشد گیاه، ضـریب گیـاهی ازطریـق درون‌یـابی خطـی بـه‌دسـت مـی‌آیـد. شـکل۲-۱۲ مقـادیر ضـریب گیاهی برای ذرت را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد.



شکل۱-۱۲ تعیین مقدار میانگین ضریب گیاهی (k_c) برای مراحل ابتدایی رشد گیاه بااستفاده‌از تبخیرتعرق مرجع و مقدار بارندگی و آبیاری. به‌عنوان مثال، خطوط نقطه‌چین نشان می‌دهد، درصورتی‌که تبخیرتعرق مرجع حدود ۸٫۵ میلی‌متر در روز و میانگین فاصله بین دو آبیاری ۷ روز باشد، ضریب گیاهی مرحله اول رشد حدود ۰٫۳۵ خواهد بود (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷).

جدول۳-۱۲ ضرایب گیاهی مراحل نمو چند گیاه زراعی تحت رطوبت نسبی و سرعت‌های باد متفاوت[1] (دورنبوس و پرویت، ۱۹۷۷).

نام گیاه	مرحله نمو	رطوبت نسبی (بیشتر از ۵۰٪)		رطوبت نسبی (کمتر از ۵۰٪)	
		سرعت باد ۵-۰	سرعت باد ۸-۵	سرعت باد ۵-۰	سرعت باد ۸-۵
جو، گندم و یولاف	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۲
	۴	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۲	۰٫۲
لوبیا سبز	۳	۰٫۹۵	۰٫۹۵	۱٫۰	۱٫۰۵
	۴	۰٫۸۵	۰٫۸۵	۰٫۹	۰٫۹
چغندرقند	۳	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱
	۴	۰٫۹	۰٫۹	۰٫۹۵	۱٫۰
ذرت شیرین	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۲
	۴	۰٫۹۵	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱
ذرت دانه‌ای	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۲
	۴	۰٫۵۵	۰٫۵۵	۰٫۶	۰٫۶
پنبه	۳	۱٫۰۵	۱٫۱۵	۱٫۲	۱٫۲۵
	۴	۰٫۶۵	۰٫۶۵	۰٫۶۵	۰٫۷
کاهو	۳	۰٫۹۵	۰٫۹۵	۱٫۰	۱٫۰۵
	۴	۰٫۹	۰٫۹	۰٫۹	۱٫۰
نخود	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۲
	۴	۰٫۹۵	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱
سورگوم	۳	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵
	۴	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵۵	۰٫۵۵
لوبیا روغنی	۳	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵
	۴	۰٫۴۵	۰٫۴۵	۰٫۴۵	۰٫۴۵
آفتابگردان	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۲
	۴	۰٫۴	۰٫۴	۰٫۳۵	۰٫۳۵
گوجه‌فرنگی	۳	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۲۵
	۴	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۶۵	۰٫۶۵
خانواده کراسیفر	۳	۰٫۹۵	۱٫۰	۱٫۰۵	۱٫۱
	۴	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۹	۰٫۹۵

۱. ضریب گیاهی مرحله اول با استفاده از شکل ۱-۱۲ و مرحله دوم با استفاده از درون‌یابی تعیین می‌شود. سرعت باد برحسب متر بر ثانیه است.