

اندازه‌گیری تبخیر تعرق حقیقی بالیسمتر ثابت و مقایسه آن با تبخیر تعرق

پتانسیل محاسبه شده یا فرمول مختلف

توسط

بزرگ بحرانی - اسمعیل مالک

بخش آبیاری دانشگاه پهلوی

مقدمه

دانستن میزان آب مصرفی (تبخیر تعرق) محصولات کشاورزی اساس کاربرنامه ریزی آبیاری می‌باشد. روشهای متفاوتی توسط دانشمندان در نقاط مختلف جهان پیشنهاد و آزمایش شده که بوسیله آنها میتوان میزان تبخیر تعرق پتانسیل را با بکار بردن ارقام مربوط به عوامل جوی در فرمولهایی محاسبه نمود. ولی متأسفانه همه این فرمولها رایجیستی برای شرایط آب و هوایی مختلفه آزمایش نموده و فاکتورهای مربوطه را برای هر محصولی بدست آورد. (۱)*
در این آزمایش میزان تبخیر تعرق پتانسیل را با متدهای (۳) Penman ، (۲) Jensen and Haise و (۶) Modified Blaney-Criddle و تبخیر از تشتک (۵) محاسبه نموده و با مقایسه با ارقام مربوط به تبخیر تعرق حقیقی بدست آمده از دو لیسمتر بزرگ و کوچک نوع ثابت ضرائب مربوطه در دو دوره کامل رشد یونجه محاسبه شده است.

مشخصات لیسمترها و اندازه‌گیری تبخیر تعرق حقیقی

لیسمترها هر دو با مقطع دایره‌ای بوده و با فاصله ۳ متر از هم در وسط یک مزرعه ۶ هکتاری یونجه از اراضی دانشکده کشاورزی در باجگاه در داخل خاک نصب شده‌اند. سطح پائینی لیسمترها شیب‌دار بوده و پائین‌ترین قسمت آن توسط لوله‌هایی که عمل زهکشی را انجام میدهند و در یک محفظه زیرزمینی بخارج ارتباط پیدا میکنند. در شکل یک شماتیک دولیسمتر در جدول شماره ۱ و ۲ مشخصات فیزیکی پروفیل خاک را میتوان مشاهده کرد.

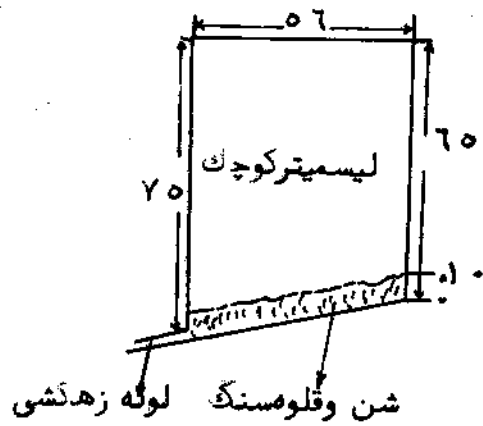
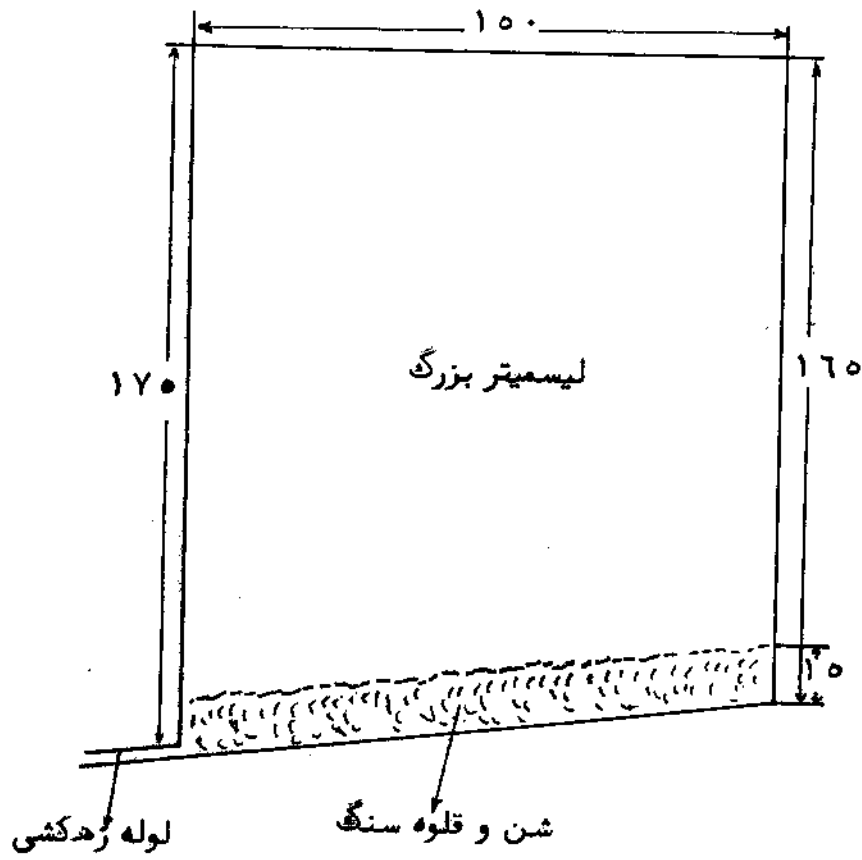
$$(۱) P+I=D+\Delta W+Eta$$

با استفاده از فرمول تعادل آبی

که در آن P میزان بارندگی، I آبیاری، D زهکشی، ΔW تغییرات رطوبت و Eta تبخیر تعرق حقیقی است و با اندازه‌گیری ΔW ، D، I و P میتوان مقدار Eta را در یک مدت معین محاسبه کرد. در این آزمایش میزان تغییرات رطوبت پروفیل خاک را با یک دستگاه نوترون متر (که لوله آلومینم آن در وسط هر دولیسمتر قرار داده شده بود) اندازه‌گیری شده است. تغییرات رطوبت برای لیسمتر بزرگ فقط تا عمق ۹ سانتیمتر، اندازه‌گیری شده و فرض شده که تغییرات رطوبت در اعماق پائینتر از ۹ سانتیمتر ناچیز و قابل اغماض است. شکل ۲ که تغییرات رطوبت لیسمتر بزرگ را در زمان‌های مختلف بعد از آبیاری نشان میدهد انجام این چنین فرضی را جایز نشان میدهد.

چون با نوترون متر رطوبت سطحی خاک (بالاتر از ۱۰ سانتیمتر) را نمیتوان تعیین کرد برای اندازه‌گیری تغییرات رطوبت این قسمت از روش نمونه برداری استفاده شده است بطوریکه از شکل ۲ پیداست میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی متر که با متدنوترون متر اندازه‌گیری شده و در تمام منحنی‌ها از بقیه اعماق خاک بنحو قابل توجهی کمتر بوده است.

* شماره‌های داخل پرانتز به لیست منابع استفاده است.



شکل ۱ - شماتیک و مشخصات دلیسمیتر بزرگ و کوچک

جدول ۱- مشخصات خاک درون لیستر بزرگ

عمق (cm)	وزن مخصوص ظاهری (g/cc)	F.C.		PWP برحسب درصد وزنی
		وزنی	بعد از خروج آب ثقیلی از خاک	
۰-۷/۵	۱/۴۴	۲۱/۴۸	$f_{pw} = ۲۲/۳۰$	۱۴/۱۰
۷/۵-۲۲/۵	۱/۴۷	۲۲/۹۵	۲۲/۹۵	۱۳/۷۰
۲۲/۵-۳۷/۵	۱/۴۹	۲۶/۶	۲۳/۱۰	۱۶/۶
۳۷/۵-۵۲/۵	۱/۴۵	۲۵/۴۵	۲۴/۱۰	۱۴/۲
۵۲/۵-۶۷/۵	۱/۵۴	۲۳/۹	۲۳/۳۰	۱۷/۹
۶۷/۵-۸۲/۵	۱/۵۴	۲۳/۵	۲۲/۳۰	۱۵/۴
۸۲/۵-۹۷/۵	۱/۵۲	۲۲/۵	۲۱/۹۰	۱۷/۱

جدول ۲- مشخصات خاک درون لیستر کوچک

عمق (cm)	وزن مخصوص ظاهری (g/cc)	F.C.		P.W.P برحسب درصد وزنی
		وزنی	بعد از خروج آب ثقیلی از خاک	
۰-۷/۵	۱/۳۲	۲۳/۱۰	۲۶/۰۰	۱۳/۱۰
۷/۵-۲۲/۵	۱/۳۵	۲۵/۹۰	۲۶/۶۰	۱۳/۸۰
۲۲/۵-۳۷/۵	۱/۵۴	۲۱/۳۵	۲۳/۰۰	۱۶/۵۰
۳۷/۵-۵۲/۵	۱/۵۹	۲۱/۷۰	۲۲/۷۵	۱۵/۶۰
۵۲/۵-۶۷/۵	۱/۵۹	۲۱/۰۵	۲۳/۲۵	۱۵/۵۰

این موضوع نشان میدهد که بعلمت فرار بعضی از نوترونهاى سریع از این عمق بهتر است. در این عمق نیز با متد نمونه بردارى میزان رطوبت را تعیین کرد.

اندازه‌گیری‌ها از تاریخ ۲۴ ژولای که یونجه‌های لیسمتر با ارتفاع تقریبی ۲۰ سانتیمتر بودند شروع شده و تا تاریخ ۱۲ آگوست که گلها ظاهر شده‌اند ادامه یافته است. در این موقع یونجه‌ها دروشده و آزمایش تا شروع ظهور گلها در یک سیکل دیگر ادامه یافته است. اندازه‌گیری رطوبت بطور متوسط هر دو روز یکبار انجام شده است. مقدار آب داده شده آبیاری در هر دفعه اندازه‌گیری شده و میزان آبی که بصورت زهکشی از لوله‌های زهکشی دو لیسمتر خارج شده نیز اندازه‌گیری شده است. با استفاده از این ارقام مقادیر مربوط به ΔW ، I ، D ، برحسب سانتیمتر محاسبه گردیده (میزان P هم در مدت آزمایش صفر بوده است) ارقام فوق‌الذکر در فرمول (۱) گذاشته شده و میزان Eta محاسبه گردیده است.

محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل

فرمولهای یکار برده شده جهت محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل (Eta) بقرار زیر است:

$$(2) E_o = \frac{\Delta H_o + 0.27 E_a}{\Delta + 0.27} \quad (3) \text{ Penman} - 1$$

که در آن:

E_o - میزان آب تبخیر شده از یک سطح آزاد آب

Δ - شیب منحنی فشار بخار آب اشباع شده نسبت به درجه حرارت

H_o - تشعشع خالصی که دارای فرمول جداگانه است و بستگی به درجه حرارت، رطوبت، درصد ساعات آفتابى روز

دارد.*

E_a - یک تابع ارو دینامیکی است که بستگی به سرعت باد و رطوبت هوا داشته و با فرمولی محاسبه میشود*

در فرمول Penman چهار عامل جوی قابل اندازه‌گیری وجود دارد که عبارتند از رطوبت نسبی، درجه حرارت متوسط، درصد ساعات آفتابى روز و سرعت باد در ارتفاع دومتری. این عوامل در طول مدت آزمایش اندازه‌گیری شده و در جدول ۳ خلاصه شده است.

$$(3) E_{tp} = (.023T + 0.08) \frac{H_s}{59} \quad (2) \text{ Jensen and Haise} - 2$$

که در آن :

T - متوسط درجه حرارت برحسب سانتیگراد

H_s - میزان تشعشع ناخالص رسیده بزمین (Global radiation) برحسب کالری بر سانتیمتر مربع در روز است؛

برای اندازه‌گیری H_s از دستگاهی بنام سولاریمتر (Solarimeter) ساخت کارخانه هلندی Kipp and Zonen استفاده

شده است. بکمک دستگاه ثبات این دستگاه میزان H_s را برحسب کالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه ثبت مینماید.

با محاسبه سطح زیر منحنی تغییرات H_s نسبت بزمان میزان H_s روزانه محاسبه شده است. در جدول شماره ۳ میزان

H_s اندازه‌گیری شده و برای روزهای آزمایش درج شده است.

$$(4) E_{tp} = K_t \cdot K_c \cdot \frac{P_t}{100} \quad (6) \text{ (modified Blaney-Criddle)} - 3$$

که در آن :

t - متوسط درجه حرارت برحسب فارنهایت

P - متوسط درصد ساعات روز که از جدول‌های مربوطه پیدا میشود.

K_t - که مقدار آن از فرمول زیر محاسبه میگردد:

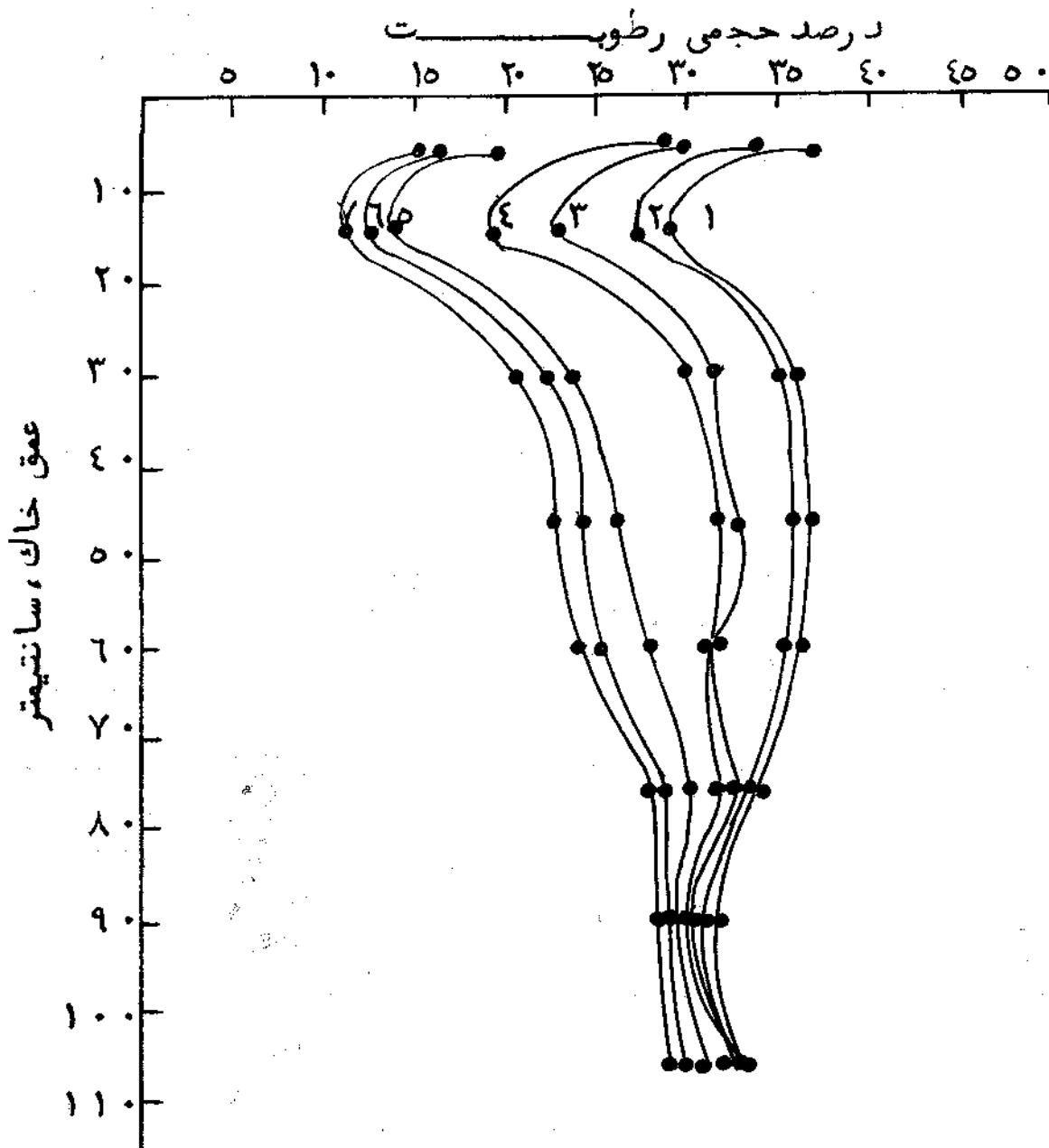
$$(5) K_t = 0.0173T = 0.314$$

K_c - ضریب مربوط گیاه است که در اینجا یک فرض شده ولی با مقایسه Eta مقدار واقعی آن محاسبه خواهد شد.

متد (5) Pan evaporation

* جهت اختصار از نوشتن فرمول این دو تابع که نسبتاً بزرگ است خودداری شده است.

برای آشنایی با آنها مراجعه شود به منبع شماره (۳)



شکل ۲- منحنی های تغییرات درصد رطوبت (P_v) در اعماق مختلف لیسمتر بزرگ نسبت به زمان.

جدول ۳- آمار جوی روزهای آزمایش

تاریخ	رطوبت نسبی	متوسط درجه حرارت	سرعت باد	n/N	میزان انرژی
۲۶، ۲۵ جولای	۳۸%	۵۵ ۲۴/۴	m/sec ۱/۵۲	۰/۸۲	۹۲۴ cal/cm ² day
۲۸ و ۲۷، ۲۶	۳۶/۵	۲۱/۳	۱/۹۱	۰/۸۴	۹۳۹
۲۹، ۲۸	۳۶/۲۵	۲۳/۴	۱/۵۹	۰/۸۵	۹۶۶/۵
۳۱	۳۳/۵	۲۱/۵	۲/۳۱	۰/۸۶	۸۱۲
۱ و ۲، ۳۰ و ۲۹ اوت	۳۱/۵	۲۲/۶	۱/۱	۰/۷۶	۸۸۷/۸
۴، ۳، ۲، ۱ اوت	۳۴/۲	۱۸/۴	۱/۳	۰/۸۵	۸۳۲/۷
۵، ۴، ۳ اوت	۴۷	۳/۴	۱/۳	۰/۸۵	۸۵۹
۶، ۵، ۴ اوت	۵۱/۳	۹/۱	۱/۶	۰/۷۰	۷۸۷/۵
۷، ۶، ۵ اوت و سپتامبر	۴۵/۳	۱۸/۲	۱/۵	۰/۷۴	۹۰۹/۷
۸، ۷، ۶ اوت	۴۰/۸	۱۸/۳	۱/۱	۰/۸۳	۸۷۹
۹، ۸، ۷ اوت	۴۱/۰	۱۷/۶	۱/۱	۰/۸۲	۹۰۶
۱۰، ۹، ۸ اوت	۴۱/۳	۱۷/۹	۱/۰	۰/۸۲	۸۹۰
۱۱، ۱۰، ۹ اوت	۳۸/۸	۱۹/۳	۱/۹	۰/۸۳	۸۶۷/۵
۱۲، ۱۱، ۱۰ اوت	۳۵/۵	۱۶/۳	۱/۸	۰/۸۸	۸۹۷/۵
۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰ اوت	۳۸/۵	۱۳/۳	۱/۶	۰/۸۶	۸۸۷/۳

دول ۴- ارقام تبخیر تعرق حقیقی از ویسنتریزک و کوچک و تبخیر تعرق پتانسیل محاسبه شد مطابق با نتایج مختلف بر حسب میانگین روز

لیست ر		ET _P (Panman)	ET _P (Jensen and Haise)	ET _P (Modified R.C.)	Pan Evaporation		تاریخ
کوچک	بزرگ				Class A	Sunken	
۸/۲۴	۱۱/۲۶	۶/۳۸	۱۰/۸۰	۵/۹۲	۹/۱۴	۷/۸۰	۲۵۹۲۴ ژوئای
۱۰/۵۴	۱۱/۸۵	۶/۳۵	۹/۸۵	۴/۹۳	۹/۰۶	۷/۶۱	" ۲۸۹۲۴۰۲۶
۱۲/۲۶	۱۲/۲۷	۶/۲۹	۹/۹۶	۵/۲۸	۱۰/۲۴	۸/۴۱	" ۳۰۹۲۹
۱۴/۶۵	۱۵/۴۸	۶/۷۷	۸/۵۲	۵/۰۱	۱۱/۰۲	۹/۳۲	" ۳۱
۱۵/۹۱	۱۲/۶۷	۴/۰۸	۹/۶۷	۵/۰۸	۹/۴۲	۸/۰۵	۲۸۰۷۴۶ اگوست
۱۶/۴۰	۱۹/۳۶	۵/۲۸	۷/۶۲	۳/۹۲	۸/۱۰	۷/۲۷	" ۱۴۱۱۰۱۰
۵/۵۲	۶/۹۰	۴/۱۳	۷/۴۹	۳/۲۶	۶/۴۵	۶/۰۱	" ۲۷۹۲۶
۵/۸۶	۶/۹۲	۴/۶۴	۷/۰۳	۳/۷۸	۶/۶۴	۵/۲۳	" ۲۹۹۲۸
۵/۸۹	۷/۱۱	۴/۸۰	۸/۲۵	۳/۸۷	۷/۵۶	۶/۴۶	" ۳۱۳۰ سپتامبر
۹/۱۹	۸/۰۴	۴/۶۵	۷/۹۸	۳/۶۱	۶/۸۱	۵/۵۹	" ۳۵۲
۹/۲۹	۹/۵۹	۴/۵۲	۷/۹۳	۳/۴۷	۷/۲۹	۵/۹۹	" ۶۵۰۴
۱۱/۲۹	۱۰/۶۸	۴/۴۸	۷/۹۵	۳/۵۴	۷/۵۴	۷/۱۴	" ۸۹۷
۱۲/۲۴	۱۲/۲۸	۴/۹۵	۸/۲۴	۳/۸۸	۷/۵۲	۶/۰۵	" ۱۰۹۹
۱۲/۶۴	۱۴/۵۶	۴/۶۸	۷/۴۵	۳/۱۸	۸/۴۱	۶/۳۰	" ۱۲۱۱
۱۵/۱۳	۱۵/۵۲	۴/۵۰	۷/۳۶	۳/۱۸	۷/۸۲	۵/۷۵	" ۱۵۱۴۰۱۳

در این متد مقدار آب تبخیر شده از دو نوع تشتک یکی کلاس A (وزارت داخله آمریکا) و دیگری از نوع کوچک داخل زمین (Sunken pan) بقطر نیم متر که در اروپا رایج است استفاده شده است. ارقام مربوط به تبخیر آب از این دو تشتک در روزهای آزمایش در جدول ۳ موجود است.

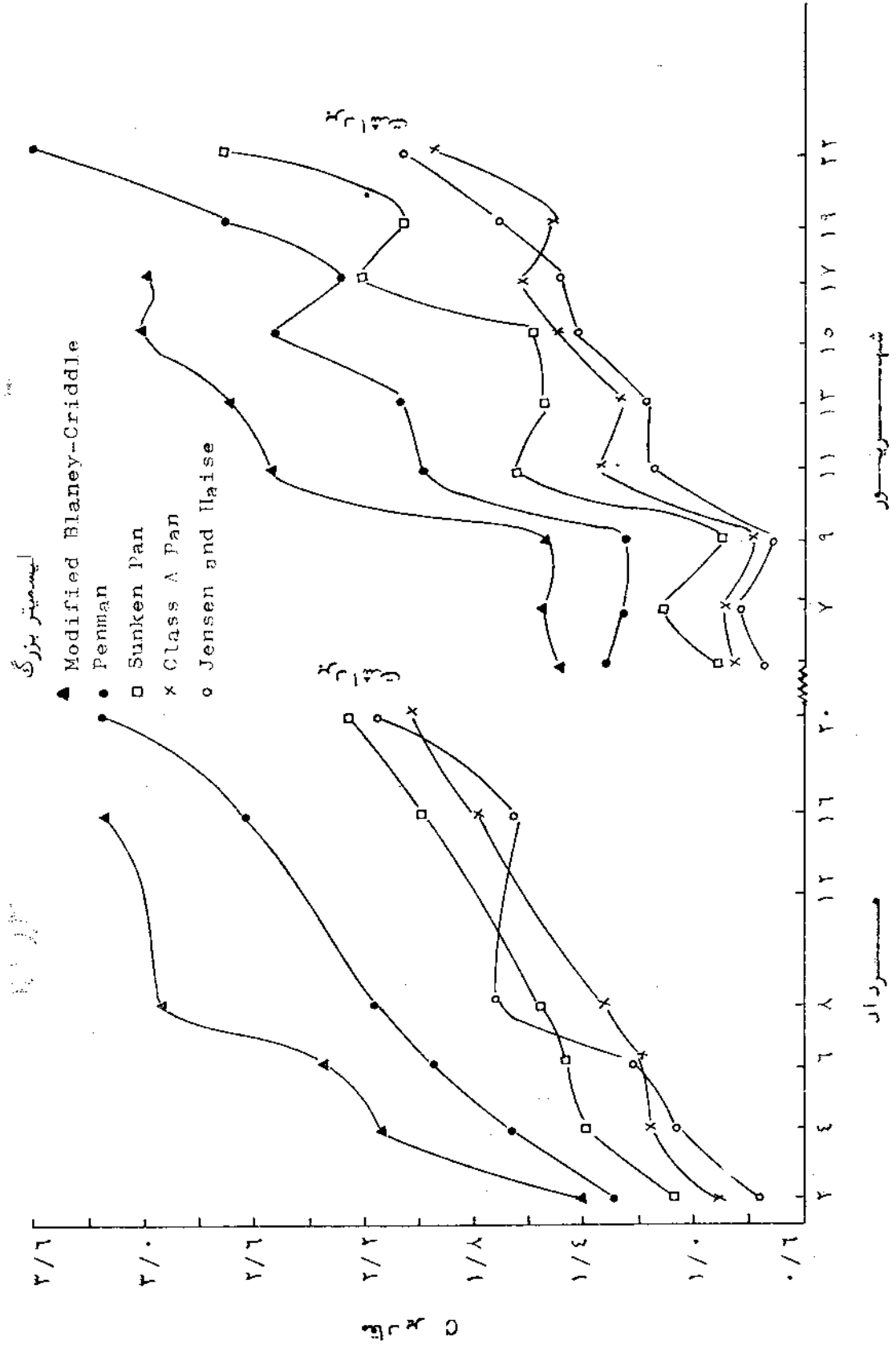
نتایج

با استفاده از آمار بجوی مندرج در جدول 3 مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل (Etp) با فرمولهای مختلف محاسبه گردیده و در جدول شماره ۴ خلاصه شده است. در این جدول همچنین ارقام محاسبه شده تبخیر تعرق حقیقی (Eta) با دولیسمتر بزرگ و کوچک نیز درج شده است. با استفاده از این ارقام و فرمول کلی $C = \frac{Eta}{Etp}$ (که در آن C ضریب تصحیح مربوط به گیاه است) مقادیر C برای متدهای مختلف و در طول مدت رشد گیاه یونجه که شامل دو سیکل کامل میباشد محاسبه گشته است. منحنی شماره ۳ و ۴ تغییرات ضریب C مربوط به متدهای مختلف را در طول دو سیکل پی در پی رشد گیاه یونجه و برای دولیسمتر بزرگ و کوچک نشان میدهد.

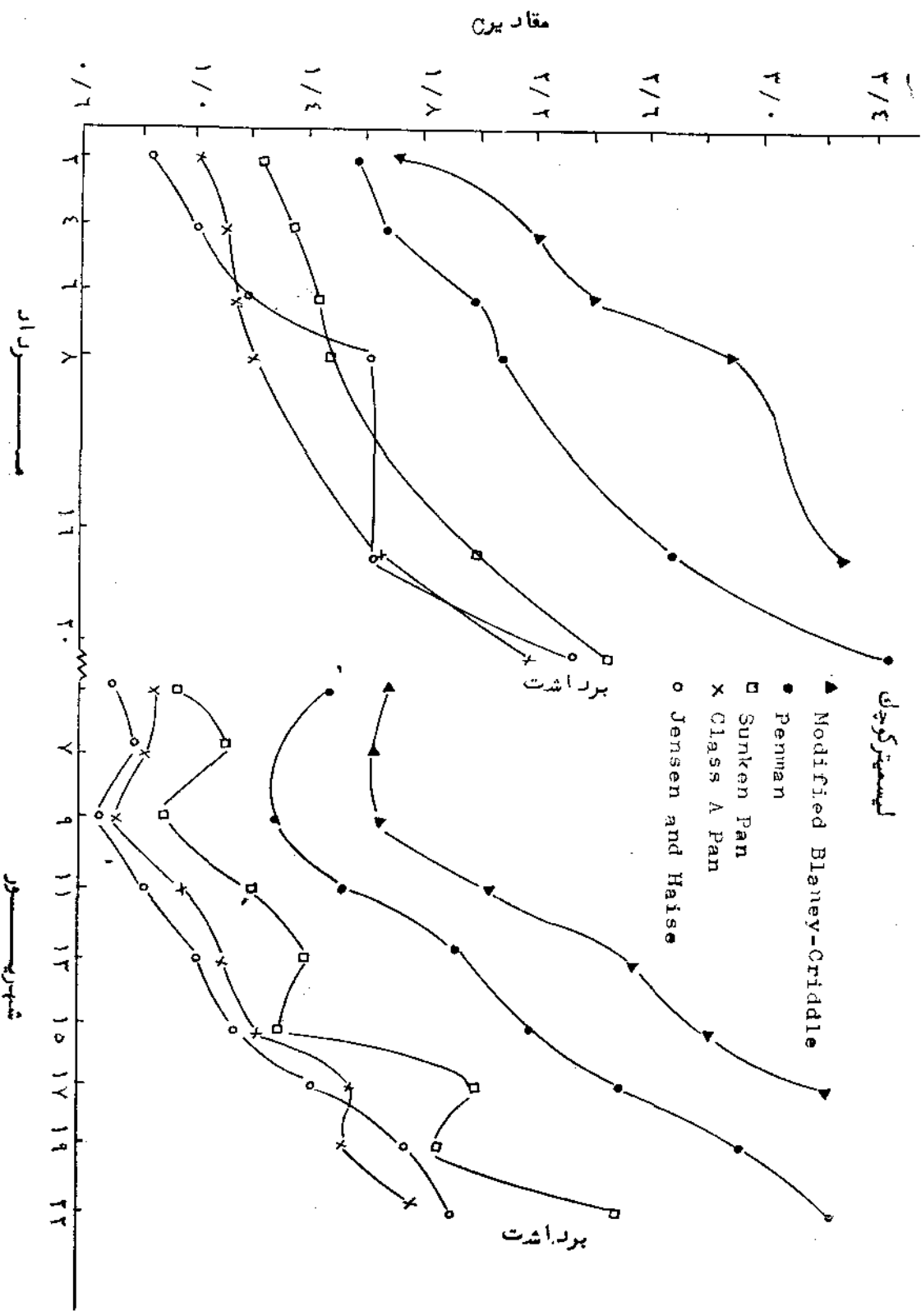
نتیجه گیری کلی :

از نتایج بدست آمده نتایج کلی زیر را میتوان استخراج کرد:

- ۱- مقادیر بدست آمده برای تبخیر تعرق حقیقی از دولیسمتر بزرگ و کوچک چندان اختلافی نداشته است.
- ۲- ضریب تصحیح از تباط مسلمی بارشد محصول داشته و باز یاد شدن ارتفاع، یونجه مقدار آن برای کلیه متدهای تبخیر تعرق پتانسیل افزایش یافته و پس از درو کردن یونجه مقادیر آن سریعاً کم شده و به مقدار اولیه خود رسیده و دوباره با زیاد شدن رشد گیاه تا موقع گل دادن در سیکل دوم افزایش یافته است. این موضوع میرساند که فرمولهای تبخیر تعرق پتانسیل میانجستی از نظر ارتفاع گیاه تصحیح شوند. آقای Rijtema (۴) این عمل در مورد فرمول Penman انجام داده و با استفاده از Etp و ارقام مربوط به ارتفاع محصول Etp را بدست آورده که بمراتب بیش از Eo بوده است.
- ۳- مقدار C برای کلیه متدها در موقعی که ارتفاع گیاه کم است بهم نزدیک بوده ولی هر چه ارتفاع گیاه افزایش مییابد فاصله آنها از هم زیادتر میشود.
- ۴- مقادیر O در مورد سه متد Jensen and Haise و Sunken pan و Class A Pan بطور کلی نزدیک بهم بوده و از سایر متدها بنحو قابل توجهی کمتر است. ضریب C در مورد متدهای Penman و Modified B.C. بترتیب ارقام بیشتری را نسبت به سه متد قبلی داشته است.
- ۵- بطور کلی ارقام بدست آمده برای ضریب C بمیزان قابل توجهی زیادتر از حد معمول بوده و برای روشن شدن موضوع آزمایشات برای چند سیکل دیگر و در فصول دیگر میانجستی ادامه پیدا کند. در مورد فرمول Penman اگر تصمیمات Rijtema (۴) در نظر گرفته شود مقدار C کمتر شده و تغییرات آن نسبت با ارتفاع نیز مسلماً کمتر خواهد شد.



شکل ۲- تغییرات ضریب C برای لیسیتزر بزرگ.



شکل ۴ - تغییرات ضریب C برای لیسنیتز کوچک

References

- 1 - Bahrani, B. and S. A. Taylor. 1961. Influence of moisture suction and evaporative den and on the rate of evapotranspiration of an alfalfa field, Agron. Jour. 53:233.
- 2 - Jensen, M.E. and H.R. Haise. 1963. Estimating Evapotranspiration from solar radiation. Amer. Soc. Civ. Eng. Proc. 89 (IR 4): 15-41.
- 3 - Penman, H.Z. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. Roy. Soc. London. Proc. Ser.A. 193:120-146.
- 4 - Rijtema, P.E. 1965. An analysis of actual evaprtranspiration. Agric. Res. Reports 659. Institute for water managment Research Netherland.
- 5 - Tanner. C.B. 1967. Measurement of evapotranspiration. Irrigation of Agricultural Lands. American Society of Agronomy. Agron. No 11. PP 535-547.
- 6 - U.S. Department of Agriculture. 1967. Irrigation water requirement. Thechnical release No. 21.

SUMMARY

Actual Evapotranspiration Measured by Water Balance
Lysimeter as Compared to Potential Evapotranspiration Calculated
by Various Methods.

by

B. Bahrani and E. Malek

In this study, actual evapotranspiration (ET) of alfalfa was measured by two water balance lysimeters instaled in the middle of an alfalfa fied at Badjgah Experimental farm located 15 Km. North East of Shiraz. The two lysimeters were cylindrical but different in size. The large one was 150 cm in diameter and 170 cm is depth; and the small one was 56 cm in diameter and 70 cm in depth. Potential ET was calculated by Penman, Jensen and Haise, Modified Blaney-Criddle and Pan Evaporation methods. Measurements were made during two growing cycles in the summer 1972. The following conclusions were drown from the results.

- 1 - Values of actual ET measured by the large and small lysimeters did not differ significantly.
- 2 - The crop coeffecient (C) was more than unity for all methods and increased as the crop height increased.
- 3 - The values for C were about the same for all methods of calculating potential ET at the begining of the growing cycle, but they deviated from each other as crop height increased.
- 4 - Penman and Modified Blaney-Criddle methods showed heigher values for C as the crop height increased.
- 5 - On the whole, the C values reported here are higher than usual. However, more research is needed to clear this out.