

EWAPOTRANSPIRACJA POTENCJALNA (ETP)
JAKO PODSTAWOWY WSKAŹNIK W WYZNACZANIU POTRZEB WODNYCH

Stanisława Sarnacka

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa

Prawidłowa ocena potrzeb wodnych roślin uprawnych ma dla rolnictwa oraz dla całej gospodarki wodnej kraju bardzo duże znaczenie, a jej podstawy stanowią na całym świecie przedmiot licznych i obszernych badań, tym bardziej ważnych i niezbędnych, że w kompleksie wodno-gospodarczym rolnictwo jest na ogół tą gałęzią produkcji, która zużywa najwięcej wody. W ostatnich dziesięcioleciach na świecie obserwuje się znaczny wzrost produkcji roślinnej, przypadającej na jednostkę zużycia wody, osiągnięty przez wprowadzenie nowych odmian roślin, zwiększone nawożenie i lepszą agrotechnikę. Natomiast w okresie 25-lecia do 1971 roku nie stwierdzono wzrostu tego wskaźnika na skutek trafniejszej oceny potrzeb wodnych roślin lub lepszej techniki nawodnień [3]. Przyczyn tej sytuacji szuka się między innymi w tym, że brak jest dotąd metod dokładnej oceny potrzeb wodnych roślin. Dotychczasowe wyniki umożliwiły tylko przybliżone ich szacunki.

Dla oceny potrzeb wodnych roślin potrzebna jest przede wszystkim znajomość: opadów, ewapotranspiracji roślin, wilgotności gleby oraz rozkładu przestrzennego i zdolności sorpcyjnych systemu korzeniowego. Każdy z tych czynników stanowi osobny problem - w tej pracy zajmiemy się tylko jednym z nich - ewapotranspiracją potencjalną, a raczej jednym z kierunków jej wyznaczania, co stanowi niewielką, choć ważną część całego zagadnienia.

Ewapotranspirację wyznaczać można przez pomiary lizymetryczne, pomiary polowe oraz wzorami wyprowadzonymi teoretycznie lub empirycznie. Pomiary lizymetryczne, jeżeli mają dać wiarygodne wyniki, powinny być prowadzone w dużych lizymetrach o powierzchni rzędu 3-5 m² [4]

o takiej samej i tak samo rozwijającej się roślinności, jak na otaczającym je, o znacznym areale polu. Spełnienie tych warunków jest trudne i wymaga dłuższego czasu, dlatego niewiele mamy możliwości na prowadzenie w przyszłym dziesięcioleciu masowych badań tego rodzaju.

W najbliższej przyszłości będziemy więc musieli wyznaczać ewapotranspirację drogą obliczeniową, z zależności wiążących czynniki meteorologiczne, biologiczne i glebowe. Czynniki te są liczne i tak zróżnicowane, że uwzględniające je wzory są przeważnie ważne tylko dla miejsc, dla których je wyprowadzono i przystosowanie ich do innych warunków nastrecza istotne trudności. Aby je usunąć, wprowadzono ze względów praktycznych pojęcie ewapotranspiracji potencjalnej (ETp), to znaczy ewapotranspiracji roślin o jednakowo bujnie rozwiniętej powierzchni transpirującej (trawy, lucerna o określonej wysokości), w warunkach nie ograniczonej brakiem wody możliwości parowania.

Ewapotranspiracja uzależniona tylko lub prawie tylko od czynników meteorologicznych jest wskaźnikiem bardziej uniwersalnym niż ewapotranspiracja aktualna (ETA), tak że wzory ustalone dla jednego kraju lub regionu po weryfikacji i ewentualnych korektach mogą być stosowane także w innych warunkach.

Przykładowo można podać, że weryfikację wzorów do wyznaczania ETp opracował Penman, Thornthwait i inni (dla warunków francuskich przeprowadził Perrier i inni [4]), uzyskując dobrą zgodność z wynikami pomiarów (5-10% dla sum kumulowanych w okresie wegetacyjnym). Widoczne to jest dla wzoru Penmana na rysunku 1a, podanym w wymienionej pracy [4].

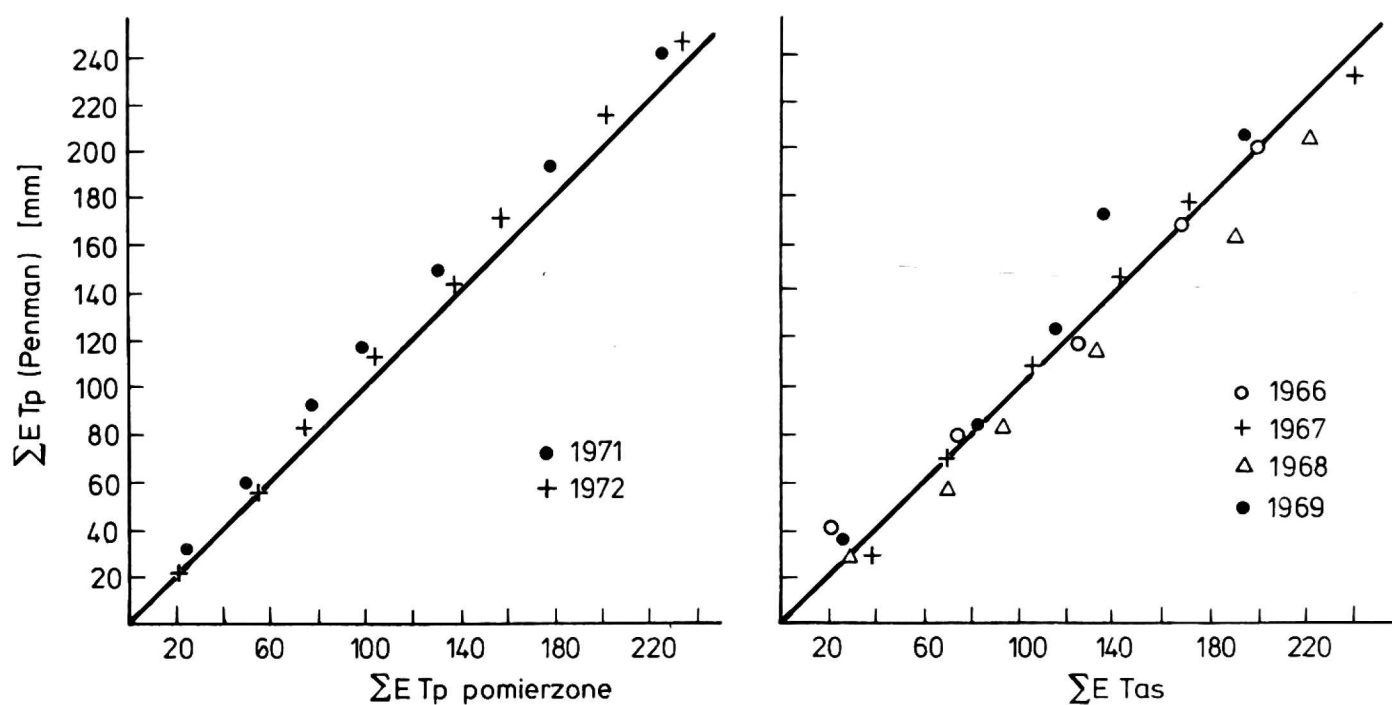
Znaczenie ewapotranspiracji potencjalnej polega nie tylko na uniwersalności tego wskaźnika, lecz również na:

- stosunkowo prostej możliwości przejścia z ETp na ewapotranspirację aktualną [3], co dalej w pracy będzie omówione bardziej szczegółowo;

- zastosowaniu stosunków ewapotranspiracji aktualnej do ewapotranspiracji potencjalnej jako wskaźnika wpływu niedoborów wodnych roślin na wydajność z ha, czyli na możliwość wiązania potrzeb wodnych roślin i plonów;

- zastosowaniu tego samego stosunku jako wskaźnika, charakteryzującego zmienność potrzeb wodnych różnych gatunków i odmian roślin.

Wymienione cechy wskaźnika zwanego ewapotranspiracją potencjalną sprawiają, że obecnie wyjątkowo tylko spotyka się prace z zakresu potrzeb wodnych roślin, nie operujące tą wielkością.



Rys. 1. Kumulowane, dekadowe wartości ETP według Penmana:
 a - pomierzone, trawy, La Minière; b - E Tas, owies, stacja Swojec

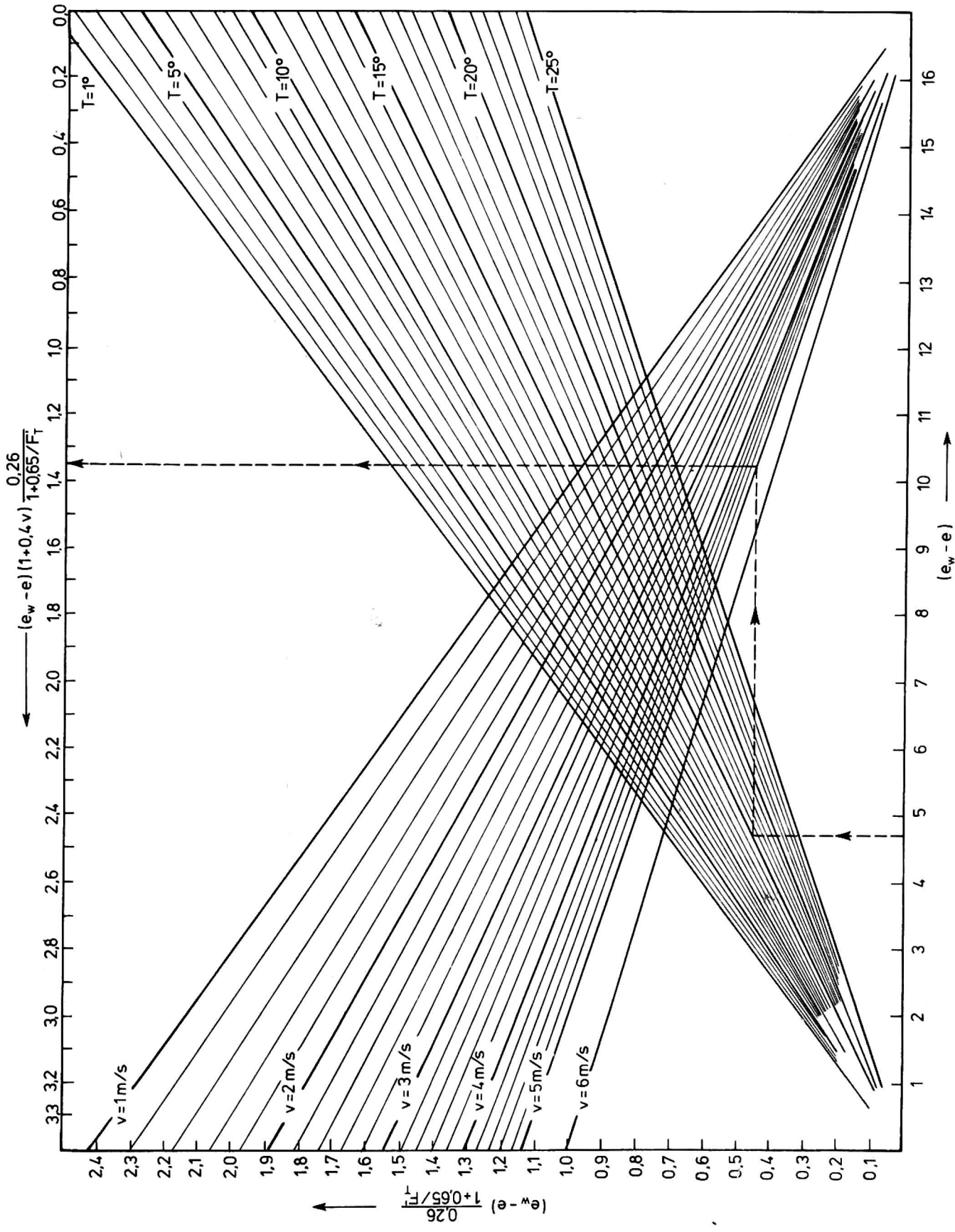
Jak już wspomniano, możliwość stosowania wzorów do wyznaczania ETP, opracowanych dla określonego obszaru (kraju lub regionu), powinna być sprawdzona, gdy zachodzi potrzeba stosowania go w innych warunkach. Przeprowadzenie bezpośredniego sprawdzenia, jak opisane w pracy [4] dla naszych warunków, nie jest możliwe, gdyż w kraju nie są wykonywane pomiary ETP. Możliwe jest jednak sprawdzenie pośrednie, wykorzystujące fakt, że w okresie krytycznym rozwoju rośliny wartości pomierzonej ewapotranspiracji aktualnej ETa (lub polowego zużycia wody - ETas) są bardzo bliskie wartościom ETP. Wartości skumulowane ETP obliczone oraz wartości ETae lub ETas pomierzone, naniesione na wykres, powinny dać podobny, lecz o większym rozrzucie punktów obraz, jaki otrzymał Perrier [4] (rys. 1a).

Potwierdzeniem prawidłowości takiego założenia jest wykres na rysunku 1b, na którym punkty odpowiadające skumulowanym, dekadowym wartościom ETP oraz skumulowanym dekadowym wartościom ETas dla owsa na stacji Swojec w miesiącach krytycznych rozwoju rośliny - maj, czerwiec (1966-1969) - ułożyły się stosunkowo blisko prostej o nachyleniu 45° . Wartości ETas odnosiły się do owsa nawadnianego, gdyż tylko w takich warunkach uzyskać można ewapotranspirację zbliżoną do potencjalnej. Jak widać, odchylenia wartości skumulowanych są większe, lecz

dość bliskie odchyleniom wykazanym na rysunku 1a według Perriera [4] (po odrzuceniu dwóch wartości skrajnych odchylenia nie przekraczają 15%). W znacznie szerszym zakresie (10 lat, 20 stacji, liczne rośliny) i innymi metodami przeprowadzono tego rodzaju porównania dla dziesięciu wzorów do wyznaczania ETP w innych pracach [5 i 6]. Wykazano w nich, że najlepszą zgodność i dużą dokładność z wynikami pomierzonymi daje w warunkach krajowych wzór Penmana lub jego uproszczona forma - wzór Brocheta-Gerbiera.

Wymagania odnoszące się do dokładności wyznaczania ewapotranspiracji potencjalnej uzależnione są na ogół od celu, któremu ma służyć oraz od skali tego celu [2, 3]. Gdy prowadzi się badania podstawowe, np. w skali rośliny, dokładność wyznaczania musi być bardzo duża; gdy wyznacza się potrzeby wodne roślin w skali kontynentu lub świata, będzie ona z natury rzeczy niewielka [2]. W zadaniach bardziej praktycznych, gdy wyznaczamy potrzeby w skali jednego gospodarstwa lub pola w celu ustalenia dawki i czasu nawodnień, dokładność wyznaczania powinna być duża. W równie praktycznym zadaniu określenia potrzeb wodnych dla studiów wodno-gospodarczych oraz dla projektowania systemów wodno-melioracyjnych dokładność ta jest niższa, np. dla ewapotranspiracji potencjalnej rzędu 15-20%, niektórzy autorzy podają niższe wartości - 10-25% [2], 5-10% [4]; bardziej szczegółowe dane są zawarte w pracy Perriera i in. [4].

Sprawdzenie przydatności wskaźnika ETP nie tylko dla okresów krytycznych, lecz w całym okresie wegetacyjnym może być w naszych warunkach przeprowadzone także tylko pośrednio, przez obliczenie wartości ewapotranspiracji aktualnej ze znanej zależności: $ET_a = k \cdot ETP$, w której k jest współczynnikiem przeliczeniowym (biologicznym) dla konkretnej rośliny i konkretnego wzoru, z którego wyznacza się ETP. Porównując w ten sposób wyznaczone wartości ET_a z wynikami pomiarów lizymetrycznych (ET_{ae}) lub z polowym zużyciem wody (ET_{as}) można sprawdzić przydatność badanego wzoru do wyznaczania ETP i związanych z nim współczynników biologicznych k . Potwierdziły to porównania przeprowadzone w pracach innych autorów [5-8] dla wartości $ET_a = k \cdot ETP$ (ETP wyznaczone według Penmana) z wartościami ET_{as} różnych roślin (owies, pszenica ozima, mieszanka jara, ziemniaki, buraki cukrowe) na kilku stacjach i dla różnych lat (1966-1973). Wykazały one zadowalającą zgodność wyników obliczeń i pomiarów, co wskazuje dość wyraźnie na celowość wprowadzenia w kraju wyznaczania ETP wzorem Penmana lub, co jest równoznaczne, wzorem Brocheta-Gerbiera. Wprowadzenie to jest tym bardziej celowe, że metoda Penmana jest rozpowszechniona. Stosuje się



Rys. 2. Wykres do wyznaczania wartości drugiego członu wzoru Penmana: $(e_w - e)(1 + 0.4v) \frac{0.26}{1 + 0.65/F_T}$.
 Przykład: $(e_w - e) = 4,7 \text{ mb}$, $T = 15,0^\circ\text{C}$, $V = 5,0 \text{ m/s}$; $(e_w - e)(1 + 0.4v) \frac{0.26}{1 + 0.65/F_T} = 1,36$

ją w licznych krajach, dzięki czemu gromadzi się dużo materiałów doświadczalnych odnoszących się do czynników wchodzących w ten wzór, niezbędnych do jego weryfikacji, modyfikacji i przystosowania do różnych warunków pluwiotermicznych. Korzystając ze wzorów mniej rozpowszechnionych i rzadziej stosowanych, będziemy pozbawieni tych cennych informacji, co - szczególnie w naszych warunkach - z uwagi na stosunkowo małą ilość stacji badawczych o takim profilu badań i słabe ich wyposażenie w aparaturę pomiarową nie jest wskazane.

Stosowaniu wzoru Penmana staje często na przeszkodzie dość złożona jego forma i związane z nią trudności obliczeniowe. Stąd prowadzone są poszukiwania uproszczeń tego wzoru bez zmniejszania jego dokładności. Najbardziej udanym wynikiem tych prób jest wzór Brocheta-Gerbiera:

$$ET_p = m \cdot R_g + n \cdot E_p,$$

w którym znać trzeba tylko (gdy znamy pomierzone usłonecznienie) promieniowanie całkowite (R_g), parowanie pomierzone ewaporometrem Piche'a (E_p) oraz współczynniki m i n , które wyznaczono dla kraju w pracy Sarnackiej i in. [6].

Pewnym mankamentem wzoru Brocheta-Gerbiera w naszych warunkach (w odróżnieniu do Francji czy Niemiec) jest to, że nie na wszystkich stacjach meteorologicznych zainstalowane są ewaporometry Piche'a (obecnie na około 80 stacjach). Dla stacji, na których ich brak, można korzystać z nomogramu (wykresu) pomocniczego, opracowanego w IMGW, z którego znając temperaturę powietrza, niedosyt wilgotności powietrza oraz prędkość wiatru można odczytać wartość drugiej części wzoru Penmana: $(0,26(e_w - e)(1 + 0,4v) \frac{0,65}{F'_T + 0,65})$ lub Brocheta-Gerbiera ($n \cdot E_p$). Możliwe są dalsze uproszczenia wzoru, nad którymi obecnie pracujemy.

WNIOSKI

1. Ewapotranspiracja potencjalna stanowi uniwersalny wskaźnik, umożliwiający wyznaczanie ewapotranspiracji aktualnej i cechujący się dużą przydatnością we wszelkiego rodzaju analizach, związanych z potrzebami wodnymi kraju.

2. Przeprowadzone w naszych warunkach sprawdzenie dziesięciu wzorów na wyznaczanie ewapotranspiracji potencjalnej [5-8], wskazuje wyraźnie na celowość wprowadzenia do wyznaczania ET_p na obszarze kraju

wzoru Penmana lub jego uproszczonej formy - wzoru Brocheta-Gerbiera. Za wprowadzeniem ich przemawiają i inne względy - przede wszystkim możliwość korzystania z doświadczeń i materiałów obcych uzyskanych w oparciu o te metody.

3. Jak wykazano, istnieją możliwości różnego rodzaju uproszczeń wzoru Penmana, bez zmniejszenia dokładności wyznaczania ETp. W opracowaniu podano jeden z przykładów takiego uproszczenia.

LITERATURA

1. Doorenbos J., Pruitt W.O.: Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24. FAO of the U.N. Rzym, 1975.
2. Doorenbos J.: Determination and application of crop water requirement data in planning, design and operation of irrigation projects. International Round Table Conference on "Evapotranspiration". R 3/16. Budapeszt, 1977.
3. FAO - 13: Water use seminar - Damaseus. Irrigation and drainage paper 13. FAO, Damaszk, 1971.
4. Perrier A., Archet A., Blanco de Pablost: Étude de l'évapotranspiration réelle i maximale de diverses cultures: dispositif et mesures. Annales agronomiques 25 (5) 1974. INRA Paryż, 1974.
5. Sarnacka S., Brzeska J., Świerczyńska H.: Opracowanie metody określania potrzeb wodnych produkcji roślinnej w rolnictwie w oparciu o wyniki badań krajowych i obcych. Etap I. Warszawa, 1977. Biblioteka IMGW (w druku).
6. Sarnacka S., Brzeska J., Świerczyńska H.: Opracowanie metody określania potrzeb wodnych produkcji roślinnej w rolnictwie w oparciu o wyniki badań krajowych i obcych. Etap II. Warszawa, 1978. Biblioteka IMGW.
7. Sarnacka S.: O możliwościach wyznaczania ewapotranspiracji rzeczywistej na podstawie ewapotranspiracji potencjalnej (wskaznikowej). Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (w druku). Wrocław 1979.
8. Sarnacka S.: Wyznaczanie niedoborów wodnych roślin w okresach posusznych. Ogólnopolska Kursokonferencja poświęcona zjawiskom atmosferycznym szkodliwym dla rolnictwa w Polsce. Szczecin, 1979.

С. Сарнацка

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ (ЕТр) В КАЧЕСТВЕ
ОСНОВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТРЕБНОСТИ
ВЛАГИ РАСТЕНИЙ

Р е з ю м е

В данной работе представлены эффекты, которые дают использование показателя эвапотранспирации (ЕТр) при определении потребности влаги растений. Показана возможность определения ЕТр на территории Польши (на основе изменений метеорологических элементов на сети станций) с помощью уравнения Пенмана либо равнозначным этому уравнению - уравнением Броше - Жербьера. Подчёркнута необходимость и целесообразность их выводов. Дан пример возможности упрощения вычислений.

S. Sarnacka

EVAPOTRANSPIRATION OF POTENTIAL (ETP) AS THE BASIC INDEX
IN DETERMINATION OF PLANTS WATER DEMANDS

S u m m a r y

In the paper presented were advantages of application the potential evapotranspiration index (ETP) in determining water demands of plants. The possibility of determining ETP in the country (based on meteorological factors measured on station network) by means of Penman's formula or equal to it Brochet-Gerbier formula was pointed out. The need and expediency of their introduction were underlined. An example of calculations simplification possibility was given.