

Ivo Cetl:

Vodní provoz halofytů.

I. Transpirace.

Ústav pro fyziologii rostlin přírodovědecké fakulty university v Brně.

Úvod a problematika.

Jednou z otázek, jejichž řešením rostlinná fyziologie pomáhá socialistickému zemědělství, je otázka vztahu rostlin k nepříznivým podmínkám, zejména k suchu, mrazu a vysokému obsahu solí v půdě. Studium fyziologických vlastností rostlin, přizpůsobených těmto podmínkám, může dát fyziologie směrnice pro vypěstování odrůd kulturních rostlin, odolných vůči suchu, mrazu a solím.

Při studiu slanobytných rostlin, halofytů, byly poznány některé prostředky rostlinného organismu v jeho boji s vysokým obsahem lehce rozpustných solí v půdě. Zvláště podrobně byl zkoumán vodní provoz těchto rostlin. Přitom však do dnešních dnů nebyl zcela uspokojivě dorešen problém transpirace halofytů a je proto nutné jej dále studovat. Pomůže se tím nejen praxi, nýbrž bude také moci býti čeleno zmatku, který v údajích o transpiraci halofytů zavládl v západní literatuře.

První ucelenou teorii o vodním provozu halofytů vyslovil Schimper 1890. Vycházel z toho, že solné půdy jsou pro svůj vysoký obsah solí fyziologicky suché. Podle Schimpera fyziologické suché půdy ztěžuje halofytům příjem vody a působí omezení transpirace. Oba hlavní předpoklady Schimperovy teorie, fyziologické suché solných půd a omezená transpirace halofytů, byly v prvních desetiletích našeho století podrobeny revidi. Chermeson 1910 dokázal, že anatomická stavba halofytů nemůže působit omezení transpirace. Delf 1911, 1912 a Stocker 1924, 1925, 1928, 1933 zjistili značně vysokou intenzitu transpirace u halofytů. Stocker ve svých pracích dále dospěl k názoru, že halofyty na svých přirozených stanovištích díky svým vysokým ssávným schopnostem nemají nesnázi při příjmu vody a že pro ně tedy fyziologické půdní sucho neexistuje.

Zdálo se, že tím je nesprávnost Schimperovy teorie jasně prokázána. Avšak při nové, daleko pronikavější revidi obou otázek bylo znovu poukázáno především na skutečné obtíže halofytů při příjmu vody přes značně vysokou schopnost těchto rostlin regulovat vodní provoz zvyšováním osmotické hodnoty vakuoly a ssavého napětí tkání (Benecke a Arnold 1931, Arnold a Benecke 1935, Arnold 1936, Schratz 1936, Repp 1939 a j.). Současné byla několikrát znovu zjištěna nízká transpirace typických slanobytných rostlin (Braun-Blanquet 1931, Breitsprecher 1935, Adriani 1937, Schratz 1937, Walter 1937).

Tak se v západní literatuře proti sobě zformovaly dvě vzájemně nesmiřitelné skupiny fyziologů, z nichž jedna zastávala názor o vysoké intenzitě transpirace halofytů (Stocker a j.), kdežto druhá tvrdila, že halofyty transpirují poměrně slabě (Schratz a j.). Poněvadž obě tyto skupiny dogmaticky lpěly na svých názorech, nastal naprostý zmatek v otázce fyziologie halofytů a ochromení dalších výzkumů v tomto směru. Je zřejmé, že tato situace byla důsledkem nesprávného statického, nedialektického chápání naznačeného problému.

Zcela jinak se postavila k problému vodního provozu halofytů klasická ruská a později sovětská fyziologie, která studuje zvláštnosti slanobytných rostlin v nerozlučné spojitosti s jejich

zvláštním životním prostředím a věnuje velkou pozornost souvislosti vodního provozu halofytů s jejich ostatními funkcemi, zvláště s metabolickými procesy.

Zásluha o rozvoj tohoto směru, který se stále pevněji opírá o metodu materialistické dialektiky, patří akademiku Kellerovi 1921, 1925, 1926. Na základě četných pozorování a pokusů dospěl Keller k závěru, že vodnímu provozu halofytů a jeho změnám lze porozumět toliko na základě studia změn životních podmínek, za nichž slanobytné rostliny procházejí svým individuálním vývojem. Pro typický halofyt *Salicornia herbacea* L., dokonale přizpůsobený podmínkám typických solných půd, solonečků, vypracoval Keller v pracích z r. 1921 a 1925 přesný obraz vývoje. Z tohoto jasného zevšeobecnění složitých vztahů vyplývá, že transpirace *Salicornie* nemůže být jednostranně prohlášena ani za nízkou, ani za vysokou, nýbrž že podléhá spolu s ostatními fyziologickými funkcemi a vlastnostmi značným změnám, v nichž se odrážejí změny životních podmínek. V průběhu vegetačního období se postupně silně zvyšuje suchost půdy a vzduchu, jakož i obsah solí v půdě. Tím vznikají pro *Salicornii* stále nepříznivější podmínky. Avšak *Salicornia* se přizpůsobuje těmto podmínkám jednak tím, že se snižuje intenzita transpirace, jednak tím, že vzrůstá odolnost vůči suchu.

K tomuto výsledku dospěl Keller na základě studia vlivu koncentrace solí v živném prostředí na růst, transpiraci a odolnost k suchu u *Salicornie*. Keller sám a později Novikov 1948 dokázali, že slanobytné rostliny transpirují tím slaběji, čím byla bohatší solemi půda, v níž se vyvíjely. Týž fakt zjistili sice také někteří západoevropští pracovníci, ale nedovedli jeho důsledky správně aplikovat na individuální vývoj halofytů v jejich přirozených životních podmínkách. Kellerovy myšlenky dále rozvinul Genkel 1946, který ve své definici halofytů klade největší důraz na jejich schopnost lehce se přizpůsobit v procesu individuálního vývoje vysokému obsahu solí v půdě.

Z dosavadního výkladu vyplývá, že na jedné straně hluboké rozpory v západní literatuře vyžadují dalšího rozpracování problému transpirace halofytů. Na druhé straně správné theoretické rozřešení této otázky sovětskou fyziologií takové rozpracování neobyčejně usnadňuje. Proto přítomná práce věnovala pozornost těmto otázkám:

1. Jak se mění transpirace halofytů v průběhu ontogenetického vývoje.
2. Jak se projevují tyto změny transpirace u různých ekologických typů naší slanobytné vegetace.
3. Jak souvisí změny transpirace se změnami půdních podmínek.

Materiál a metoda.

Rostlinný materiál k této práci pocházel z jihomoravských stanovišť slanobytných rostlin, největším dílem ze Sedlce u Mikulova, dále z Rakvice u Podivína a z Terezína u Čejče.

Především bylo pracováno s jednou z nejtypičtějších rostlin solných půd, *Salicornia herbacea*. Tato rostlina patří do ekologické skupiny extrémních euhalofytů, které svým kořenovým systémem zasahují do svrchních vrstev půdy, ve kterých se v létě hromadí největší množství soli. Proto musí být euhalofyty dobře přizpůsobeny vysokému obsahu solí. Z této skupiny byly dále zkoumány *Spergularia salina* a *Suaeda maritima*.

Skupinu ostatních euhalofytů, které rozprostírají své kořeny v hlubších, solemi chudších vrstvách půdy a jsou přizpůsobeny poněkud nižšímu obsahu solí, zastupovaly *Aster tripolium*, *Glaux maritima* a *Plantago maritima*.

Ze skupiny mesohalofytů, které snášejí jen nevelké množství solí, byly studovány *Atropis distans*, *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus Gerardii* a *Taraxacum bessarabicum*.

Rostliny byly vyrývány na stanovištích s velkými bloky půdy tak, aby nebyl poškozen jejich kořenový systém. V obalech z pergamenového papíru a uzavřeny v krabicích ze zinkového plechu byly rychle dopravovány do ústavu.

Zde byly bloky s rostlinami vloženy do skleněných nádob, odpovídajících tvarem a velikostí. Nádoby byly umístěny v suchém skleníku, skoro celodenně vystaveném slunci. Za slunných dní zde v poledních hodinách dosahovala teplota 24—27 °C, relativní vzdušná vlhkost 50—60 %. Denně v 18 hodin byla váhově kontrolována vlhkost půdy a ztráty byly doplňovány destilovanou vodou. Tak byly až do doby pokusu zachovány rostlinám podmínky co nejvíce podobné podmínkám na přirozených stanovištích.

Rostliny byly dopravovány z lokalit ve dvou obdobích svého individuálního vývoje:

1. v období přechodu z fáze klíčení do fáze prodlužovacího růstu (druhý týden května 1949),

2. v období úplné dospělosti bezprostředně před začátkem kvetení (třetí týden června 1949).

V prvním období byla půda přirozených stanovišť ještě velmi bohatá vodou a pohyb solí do svrchních vrstev půdy ještě nezačal. Ve druhém období půda silně vysychala a typické výkvěty solí na povrchu půdy svědčily o postupujícím hromadění solí v povrchových vrstvách.

Měření byla konána v obou obdobích mezi 4. a 7. dnem po přenesení rostlin do kultury. To byla nejhodnější doba, aby výsledky nebyly skresleny ani jistou reakcí rostlin na náhlé přenesení z přirozeného prostředí do skleníku, ani příliš dlouhým pobytem rostlin v podmínkách přece dosti odchylných.

Ke zjištění transpirace bylo použito metody krátkodobých vážení odříznutých nadzemních částí rostlin. Tuto metodu rozpracovali Ivanov 1918, 1928, Ivanov, Silina a Celniker 1950, Huber 1927, Stocker 1929 a j. Pro studium transpirace halofytů jí použili Adriani 1937, Schratz 1937, Genkel 1946 a Novikov 1948.

Rostliny odříznuté skalpelem byly rychle zváženy na torsních vahách a po třech minutách bylo vážení opakováno. Z úbytku na váze byla přepočítávána transpirace na dobu 1 minuty a 1 g čerstvé váhy, v některých případech také na 1 g obsahu vody nebo 1 dm² povrchu. Všechny naměřené hodnoty transpirace jsou výsledkem vážení šesti rostlin.

V jednom z pokusů byly srovnávány výsledky této metody s výsledky váhového stanovení transpirace rostlin, rostoucích v nádobách s půdou, jejíž povrch je uzavřen a chráněn tak proti ztrátě vody. To je všeobecně uznávaná nejspolehlivější metoda k měření transpirace. Srovnání obou metod může být proto měřítkem správnosti metody krátkodobých vážení.

Tri různé staré rostliny *Salicornia herbacea* o 5, 6 a 8 internodiích byly koncem května 1949 vsazeny do původní solné půdy v kádinkách o obsahu 250 cm³. Po čtrnácti dnech kultivace ve skleníku se rozrostly a dosáhly počtu 11, 12 a 15 internodií. Počátkem června byl povrch půdy zalit parafinem a druhého dne nato byla váhově stanovena transpirace za dobu 6 hodin. Na konci této doby byly všechny tři rostliny odříznuty a zváženy na torsních vahách bezprostředně po odříznutí a po 3 minutách. Výsledky jak dlouhodobého, tak i krátkodobého vážení byly přepočítány na 1 g čerstvé váhy a na dobu 1 minuty. Tab. 1 ukazuje, že při použití obou metod transpirace klesá od nejmladší k nejstarší rostlině. Ovšem hodnoty, získané krátkodobým vážením, jsou asi 1,5—2krát nižší. To je snadno vysvětlitelné tím, že výsledek dlouhodobého vážení platí pro dobu od 12 do 18 hodin, kdy teplota vzduchu byla z počátku značně vysoká a relativní vzdušná vlhkost značně nízká. Naproti tomu krátkodobé vážení platí pro atmosférické podmínky skleníku v 18 hodin, kdy se teplota snížila a relativní vlhkost stoupla, jak ukazují tyto naměřené teploty:

12 hod. 26 °C,

15 hod. 25 °C,

18 hod. 21 °C.

Proto rozdílnost výsledků obou metod nespočívá v metodách samých, nýbrž v různosti atmosférických podmínek, které mají značný vliv na transpiraci. Z výsledků popsaného pokusu vyplývá, že metodou krátkodobého vážení lze získat hodnoty, které jasně zachycují rozdíly mezi transpirací různé starých rostlin. Dokazuje se tak, že je to metoda, která úkolům přítomné práce plně vyhovuje.

Tabulka 1

Srovnání výsledků měření transpirace různě starých rostlin *Salicornia herbacea* (a) metodou váhovou a (b) metodou krátkodobého vážení odříznutých nadzemních částí rostlin.

6. VII. 1949, 12—18 hod.

Rostlina	I	II	III
Počet internodií	11	12	15
Transpirace v době od 12 do 18 hod. v mg/g čerstvé váhy za min. (a)	3,8	1,8	0,9
Transpirace v 18 hod. v mg/g čerstvé váhy za min. (b)	2,6	1,3	0,4

Tabulka 2

Transpirace různě starých rostlin *Salicornia herbacea*.

Datum přenesení rostlin do kultury	15. V.				27. VI.			
Datum a hodina pokusu	20. V., 13 hod.				1. VII., 13 hod.			
Teplota	26 °C				25 °C			
Relativní vzdušná vlhkost	57 %				55 %			
Počet internodií	1	2	4	6	8	11	13	15
Transpirace v mg/g čerstvé váhy za min.	7,2	3,5	2,8	1,1	2,9	1,9	1,4	0,4

Výsledky pokusů.

I.

V tomto pokusu bylo sledováno, jak se u euhalofytu *Salicornia herbacea* mění transpirace v závislosti na stáří rostliny. Pokus byl prováděn na rostlinách přenesených do skleníku jednak ve fázi přechodu k prodlužovacímu růstu, jednak ve fázi plné dospělosti. V každém z těchto období byly na stanovišti vybírány rostliny různého stáří. Měřítkem stáří byla délka rostlin, vyjádřena počtem internodií. Podmínky, za nichž byla prováděna stanovení transpirace v obou uvedených fázích vývoje rostlin, byly natolik shodné, že výsledky obou měření je možno navzájem dobře srovnávat.

Výsledky shrnuté v tab. 2 ukazují, že u *Salicornia herbacea* se s přibývajícím stářím transpirace značně omezuje. Nejvyšší transpirace byla zjištěna u klíčících rostlin o jediném internodiu, nejnižší u zcela dospělých rostlin o 15 internodiích. Z tabulky je patrné, že transpirace dospělých rostlin se snížila asi na 6 % hodnoty, naměřené u klíčících rostlin.

Na základě tohoto pokusu nelze ovšem ještě říci, ve které fázi individuálního vývoje a za jakých podmínek prostředí dochází k nejpronikavějšímu omezení transpirace.

II.

V týchž dvou obdobích vývoje byla dále studována transpirace různých druhů halofytů, patřících do tří ekologických skupin, které jsou zastoupeny na jihomoravských solných půdách. Výsledky přináší tab. 3.

Tabulka 3

Transpirace halofytů v období přechodu z fáze klíčení do fáze prodlužovacího růstu (I) a v období úplné dospělosti (II).

Způsob přepočtení transpirace	mg/g čerstvé váhy za min.		mg/g vody za min.		mg/dm ² povrchu za min.	
	I	II	I	II	I	II
Období vývoje						
extrémní euhalofyty:						
<i>Salicornia herbacea</i>	9,9	0,5	10,7	0,6	—	—
<i>Spergularia salina</i>	2,4	1,1	2,8	1,4	—	—
<i>Suaeda maritima</i>	—	1,2	—	1,4	—	—
ostatní euhalofyty:						
<i>Aster tripolium</i>	1,8	0,9	2,0	1,0	6,0	2,5
<i>Glaux maritima</i>	4,9	1,1	6,1	1,4	—	—
<i>Plantago maritima</i>	—	1,2	—	—	—	—
mesohalofyty:						
<i>Atropis distans</i>	—	2,1	—	4,7	—	—
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	—	2,2	—	2,7	—	4,0
<i>Juncus Gerardii</i>	3,4	2,9	4,7	4,1	5,6	4,4
<i>Taraxacum bessarabicum</i>	—	2,2	—	—	—	—

(I) . . . rostliny přeneseny do kultury 15. V., pokus konán 19. V. ve 12. hod.;
teplota 23 °C, relativní vzdušná vlhkost 57 %.

(II) . . rostliny přeneseny do kultury 27. VI., pokus konán 30. VI. ve 12. hod.;
teplota 23 °C, relativní vzdušná vlhkost 56 %.

V prvním období kolísá transpirace extrémních euhalofytů, ostatních euhalofytů a mesohalofatů v dosti širokém rozmezí. Nelze zjistit žádné podstatné rozdíly v transpiraci jednotlivých ekologických skupin, neboť v každé z nich, jak se zdá, jsou druhy silněji i slaběji transpirující.

Ve druhém období je transpirace halofytů uvnitř jednotlivých skupin přibližně stejná. Tím jasnější jsou však rozdíly mezi jednotlivými skupinami. Extrémní euhalofyty transpirují nejslaběji, ostatní euhalofyty transpirují o něco silněji, mesohalofyty nejsilněji.

Při srovnání hodnot transpirace v obou obdobích vidíme, že transpirace všech druhů se stoupajícím stářím rostlin poklesá, což potvrzuje správnost výsledků předešlého pokusu. Stupeň poklesu je však u jednotlivých ekologických skupin různý. V tab. 4 je snížení transpirace vyjádřeno tak, že hodnoty transpirace v prvním období byly považovány za 100 %. Při všech třech způsobech přepočtení výsledků dospíváme k závěru, že nejvíce se omezuje

transpirace u extrémních euhalofytů, poněkud méně u ostatních euhalofytů a nejméně u mesohalofytů. Největší omezení transpirace se projevuje u typického euhalofytu *Salicornia herbacea*, nejmenší u typického mesohalofytu *Juncus Gerardii*.

Tabulka 4

Snížení transpirace halofytů v období dospělosti ve srovnání s obdobím přechodu z fáze klíčení do fáze prodlužovacího růstu. Transpirace v období I vyjádřena 100 %.

Způsob přepočtení transpirace	na čerstvou váhu		na obsah vody		na povrch	
	I	II	I	II	I	II
Období vývoje						
extrémní euhalofyty	100	5—46	100	6—50	—	—
ostatní euhalofyty	100	22—50	100	22—50	100	42
mesohalofyty	100	88	100	87	100	79

III.

Obě období vývoje, v nichž byla zjišťována transpirace, byla zvolena tak, že právě mezi nimi proběhla nejen doba největšího prodlužovacího růstu rostlin, nýbrž i doba postupného zvyšování sucha a solného obsahu půdy. Proto bylo v tomto a v dalším pokusu studováno, jak se mění transpirace halofytů v závislosti na těchto činitelích.

V tab. 5 jsou srovnány tři hodnoty transpirace různých rostlin *Glaux maritima*. Hodnoty v prvním a třetím sloupci jsou vzaty z tab. 3 a znamenají transpiraci jednak mladých rostlin, jednak dospělých rostlin, v obou případech brzy po přenesení do skleníku. Při srovnání těchto dvou hodnot můžeme tedy zjistit, do jaké míry se snižuje transpirace *Glaux maritima* v dané fázi individuálního vývoje na přirozeném stanovišti. Hodnota transpirace ve druhém sloupci platí pro rostliny, které byly přeneseny do skleníku v prvním období a byly zde pěstovány v nezměněných podmínkách až do doby, kdy byla zjišťována transpirace dospělých rostlin. To znamená, že rostliny, jejichž transpirace je vyznačena ve druhém sloupci tab. 5, neprošly danou fází individuálního vývoje za podmínek, které v této fázi panují na přirozených stanovištích.

Tabulka 5

Transpirace *Glaux maritima*

Datum přenesení do kultury	15. V.	15. V.	27. VI.
Datum a hodina pokusu	19. V., 12 h.	30. VI., 12 h.	30. VI., 12 h.
Teplota	23 °C	23° C	23 °C
Relativní vzdušná vlhkost	57 %	56 %	56 %
Transpirace v mg/g čerstvé váhy za min.	4,9	4,7	1,1

Rostliny byly přinuceny projít touto fází za podmínek, odpovídajících fázi po vyklíčení. Z tab. 5 je patrné, že tyto rostliny nebyly schopny omezit transpiraci.

Tento pokus ukazuje, že omezování transpirace u halofytů v průběhu individuálního vývoje není prostým důsledkem dospívání. K omezení transpirace je třeba, aby rostlina prošla nejen jistým obdobím svého individuálního vývoje, nýbrž aby jím prošla v takových podmínkách prostředí, kterým je svým vývojem přizpůsobena, t. j. za vzrůstajícího sucha a zvyšujícího se obsahu solí v půdě. Jestliže se jí v tomto období takových podmínek nedostane, nemůže dosáhnout snížené transpirace, byť i její růst do délky a její dospívání celkem normálně pokračovaly.

IV.

Aby byl podrobněji poznán účinek obou faktorů, sucha a obsahu solí v půdě, na snížení transpirace v průběhu největšího prodlužovacího růstu halofytů, byl založen další pokus. Mladé rostliny *Salicornia herbacea* o 3 internodiích byly v polovině května vsazeny do nádobek o obsahu 250 cm³. V prvních čtyřech nádobkách byl písek nasycený na plnou kapacitu Tottinghamovým živným roztokem, v páté nádobce byla solná půda, nasycená destilovanou vodou rovněž na plnou kapacitu. Denně v 18 hodin byla váhově kontrolována vlhkost substrátu a destilovanou vodou byla doplňována na původní výši. V každé nádobě bylo celkem 6 rostlin. Když rostliny po 14 dnech dobře zakořenily, byla vlhkost půdy v prvních dvou nádobách snížena na 60 %, ve druhých dvou nádobách na 30 % plné kapacity. Rovněž na 30 % plné kapacity byla snížena vlhkost solné půdy v páté nádobě, což přibližně odpovídalo vlhkostním poměrům na přirozeném stanovišti v tomto období. Současně bylo na povrch písku ve druhé a čtvrté nádobě přidáno takové množství pevného chloridu sodného, aby to odpovídalo v obou případech přídatku 2 % NaCl v živném roztoku. Vlhkost substrátu byla udržována na potřebné výši obvyklým způsobem.

Tak byly získány rostliny, které procházely fází svého největšího prodlužovacího růstu za různých podmínek. Po pěti týdnech kultivace za těchto čtyř různých kombinací půdních faktorů rostliny plně dospěly a dosáhly délky 10—13 internodií. V této době byla stanovena jejich transpirace, aby mohlo být zjištěno, jakým způsobem každá z kombinací působila na změny transpirace.

Výsledky přináší tab. 6, která potvrzuje výsledky pokusu s *Glaux maritima*. Rostliny v první nádobě, které neprošly podmínkami sucha a značného obsahu solí v půdě, setrvaly při velmi vysoké transpiraci. Rostliny, které sice neprošly podmínkami sucha, ale vyvíjely se za značného množství solí v půdě (druhá nádoba), snížily transpiraci ve srovnání s rostlinami v první nádobě na 24 %. Rostliny, které se vyvíjely jak za sucha, tak za přídatku soli (čtvrtá nádoba), snížily transpiraci až na 8 %. O něco méně, asi na 14 %, klesla transpirace rostlin pěstovaných v solné půdě při 30 % vlhkosti.

Tento pokus dokazuje, že právě ve fázi rychlého prodlužovacího růstu před dosažením dospělosti musí *Salicornia herbacea* projít obdobím sucha a zejména značného obsahu solí v půdě, má-li dosáhnout snížené transpirace.

Zajímavé bylo chování rostlin, vyvíjejících se za snížené vlhkosti půdy, ale bez přídatku soli (třetí nádoba). Tyto rostliny zprvu rostly dobře. Jakmile

však v polovině června následovala po sobě řada slunných, teplých dní, rostliny začínaly vadnout, třebaže vlhkost půdy byla denně večer upravována na 30 %. V den pokusu byly tak zvadlé, že nebyly způsobilé k měření.

Zdá se, že *Salicornia herbacea* ztrácí schopnost omeziti transpiraci, není-li účinek sucha spojen s účinkem solí. Tak jako k omezení transpirace nestačí halofytům jen dosažení určitého stáří, tak také k tomu nedostačuje pouhé působení sucha. Omezení transpirace, příznačné pro dospělé euhalofyty, je výsledkem působení celého komplexu podmínek, v němž největší úlohu má zřejmě účinek solí.

Tabulka 6

Transpirace *Salicornia herbacea* při pěstování za různé vlhkosti a solného obsahu půdy
5. VII., 13. hod., teplota 25 °C, relativní vzdušná vlhkost 56 %

Substrát	písková kultura				solná půda
Vlhkost půdy v % plné kapacity	60		30		30
Přídavek NaCl	0	2 %	0	2 %	—
Číslo nádoby	I	II	III	IV	V
Transpirace v mg/g čerstvé váhy za min.	6,3	1,5	—*	0,5	0,9

* silné vadnutí, neměřeno.

Na druhé straně, jak vyplývá z Kellerových prací, rostliny vyrostlé v půdě bez soli mají nepatrnou odolnost vůči vysychání a nejsou schopny udržovat své zásoby vody. Je zřejmé, že vadnutí rostlin ve třetí nádobě nemuselo být vyvoláno jen nepoměrem mezi vysokou transpirací a slabým přísunem vody ze značně vyschlé půdy, nýbrž také malou odolností vůči suchu.

Diskuse.

Výsledky pokusů dokazují, že transpirace halofytů se v průběhu individuálního vývoje na přirozených stanovištích snižuje. Je třeba, abychom si připomněli, za jakých podmínek k tomu dochází. Solné půdy jsou od jara do podzimu vystaveny postupnému vysušování. Tou měrou, jak v této době stále více převažuje výpar s povrchu půdy nad zasakováním dešťových srážek, dochází jednak k vysychání půdy, jednak ke zvyšování koncentrace solí. Oba tyto procesy jsou vzájemně spolu spjaty: vysychání půdy vede ke stálému vzestupu koncentrace lehce rozpustných solí, které v důsledku převahy výparu nad srážkami jsou stále více soustředovány v povrchových vrstvách půdy.

Halofyty jsou rostliny celým průběhem svého individuálního vývoje dokonale přizpůsobené těmto podmínkám. Jak tato práce jasně dokazuje, je jedním z prostředků tohoto přizpůsobení schopnost halofytů omezovat v průběhu individuálního vývoje intenzitu transpirace. Tato schopnost je u různých ekologických typů halofytů přímým odrazem změn stanovištních podmínek.

Právě proto mesohalofyty, přizpůsobené substrátům, na nichž se příliš nestupňuje sucho a solný obsah půdy, snižují transpiraci jen nepatrně. Naproti tomu euhalofyty, které jsou velmi často nuceny přizpůsobit se jak značnému vysychání půdy, tak i silnému hromadění solí, jsou schopny omezit transpiraci až na velmi nepatrnou hodnotu.

Dále výsledky této práce ukazují, že spor mezi dvěma skupinami fyziologů a ekologů, hájících předpoklad jednak nízké, jednak vysoké transpirace halofytů, je bezpředmětný. Tím, že západoevropští autoři stanovovali transpiraci halofytů bez ohledu na jejich individuální vývoj a bez ohledu na podmínky, v nichž tento vývoj probíhal, získávali výsledky, které nelze navzájem srovnávat.

Ukážeme si to na příkladu. S t o c k e r 1924, 1925 dokazuje, že *Salicornia* transpiruje velmi silně. Naproti tomu S c h r a t z 1937 zjišťuje právě pro *Salicornii* zcela nepatrnou transpiraci a ostře polemizuje se Stockerem. Avšak jeho námitky jsou vedeny především proti Stockerově pracovní metodice. Mnohem méně si všímá skutečnosti, že Stocker bral pro své pokusy zcela mladé rostliny, zatím co on sám studoval rostliny plně vyspělé. Stejně Schratz kritizuje Stockerovo tvrzení, že solné půdy nejsou fyziologicky suché. Nebere však při tom v úvahu, že v počátečních fázích vývoje halofytů skutečně fyziologické sucho solných půd obyčejně neexistuje.

Rozdíly mezi výsledky obou táborů nemusí však být působeny jen různým stářím pokusných rostlin, nýbrž mohou být podmíněny i tím, že půdní podmínky vývoje halofytů, studovaných v jejich pracích, byly odlišné. Nevíme, zda snad Stocker nezískával údaje o vysoké transpiraci *Salicornie* právě proto, že pracoval s rostlinami, které se vyvíjely v podmínkách poměrně vysoké vlhkosti a nepatrného obsahu solí v půdě. Na rostlinách první nádoby v tab. 6 jsme viděli, že takové podmínky nemohou vést ani u zcela dospělých rostlin k omezení transpirace. Naproti tomu S c h r a t z 1937, jak ukazují některá jeho měření půdních vlastností, pracoval zřejmě s rostlinami, které se vyvíjely za podmínek vedoucích ke snížení transpirace.

Podobně je možno také vysvětlit, proč obě zmíněné skupiny západních fyziologů se tak rozcházejí v názoru na transpiraci euhalofytů, zatím co u mesohalofytů dospívaly často k podobným výsledkům. To proto, že transpirace euhalofytů podléhá v průběhu jejich individuálního vývoje velmi značným změnám, kdežto u mesohalofytů se mění jen málo. Proto se nemohou hodnoty transpirace mesohalofytů v různých fázích jejich vývoje od sebe příliš lišit.

Tímto výkladem jsou příčiny zdánlivě neřešitelného rozporu mezi dvěma tábory západoevropských autorů uspokojivě vyřešeny.

Závěr.

Metodou krátkodobých vážení odříznutých nadzemních částí rostlin podle I v a n o v a (1918) byla studována transpirace tří různých ekologických skupin jihomoravských halofytů (extrémních euhalofytů *Salicornia herbacea*, *Spergularia salina*, *Suaeda maritima*; ostatních euhalofytů *Aster tripolium*, *Glaux maritima*, *Plantago maritima*; mesohalofytů *Atropis distans*, *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus Gerardii*, *Taraxacum bessarabicum*) ve dvou obdobích jejich individuálního vývoje: 1. po vyklíčení před začátkem největšího prodloužovacího růstu a 2. v období dospělosti před kvetením.

Transpirace halofytů se v průběhu individuálního vývoje snižuje. Extrémní euhalofyty, které v daném časovém úseku procházejí obdobím silného stupňování sucha a solného obsahu půdy, omezují transpiraci velmi značně a dosahují v dospělosti nízkých hodnot transpirace. Ostatní euhalofyty, které v tomto období nejsou vystaveny tak intenzivnímu zvýšení sucha a množství solí v půdě, snižují transpiraci poněkud méně a dosahují poněkud vyšších hodnot transpirace než extrémní euhalofyty. Mesohalofyty, které se v téže době vyvíjejí za slabého stupňování sucha a množství solí v půdě, omezují transpiraci jen nepatrně a setrvávají i v dospělosti při poměrně vysokých hodnotách transpirace.

U euhalofytů *Glaux maritima* a *Salicornia herbacea* se transpirace snižuje jen v tom případě, procházejí-li tyto rostliny fází rychlého prodlužovacího růstu za podmínek, kterým jsou přizpůsobeny, t. j. za stupňujícího se sucha a množství solí v půdě. Nedostane-li se v tomto období uvedeným rostlinám těchto podmínek, nejsou s to dosáhnout v období dospělosti snížené transpirace. V komplexu podmínek, které vedou u euhalofytů k omezení transpirace, má zřejmě hlavní úlohu zvyšování obsahu solí v půdě.

Výsledky práce ukazují, že rozpor mezi dvěma skupinami západoevropských autorů o tom, zda transpirace halofytů je vysoká či nízká, lze rozřešit jen tehdy, přihlížíme-li k fázím individuálního vývoje a podmínkám, za nichž se vývoj u různých ekologických skupin halofytů uskutečňuje.

Literatura.

- Adriani, M. J.: Sur la transpiration de quelques halophytes cultivées dans des milieux différents en comparaison avec celle de quelques non-halophytes. *Proceedings* 40 : 524, 1937.
- Arnold, A.: Beiträge zur ökologischen und chemischen Analyse des Halophytenproblems. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 83 : 105, 1936.
- Arnold, A. und W. Benecke: Zur Biologie der Strand- und Dünenflora auf Borkum, Juist und dem Memmert. *Planta* 23 : 662, 1935.
- Benecke, W. und A. Arnold: Zur Biologie der Strand- und Dünenflora II. Der Salzgehalt der natürlichen Standorte von *Agriopyrum junceum* P. B. und *Ammophila arenaria* Roth auf dem Sandstrande von Norderneg. *Ber. d. D. Bot. Ges.* 49 : 363, 1931.
- Braun-Blanquet, J.: Zur Frage der „physiologischen Trockenheit“ der Salzböden. *Ber. d. Schweiz. Bot. Ges.* 40 : 21, 1931.
- Breitsprecher, G.: Vergleichende Transpirationsmessungen an Pflanzen der Hiddenseer Dünenheide. *Mitt. Naturw. Ver. Neupommern u. Rügen* 62, 1935.
- Chermeson, H.: Recherches anatomiques sur les plantes littorales. *Ann. Sci. nat., Botanique* 12 : 117, 1910.
- Delf, E. M.: Transpiration and behaviour of stomata in Halophytes. *Ann. of Bot.* 25 : 483, 1911.
- Delf, E. M.: Transpiration in succulent plants. *Ann. of Bot.* 26 : 409, 1912.
- Genkel', P. A.: Ustojčivost' rastenij k zasuche i puti jejo povyšeniya. Str. 237, Moskva-Leningrad, 1946.
- Huber, B.: Zur Methodik der Transpirationsbestimmungen am Standort. *Ber. d. D. Bot. Ges.* 45 : 611, 1927.
- Ivanov, L. A.: O metodě opredelenija isparenija rastenij v estestvennyh uslovijach ich proizrastanija. *Lesnoj Žurn.* 48 : 1—7, 1918.

- Ivanoff, L.: Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. Ber. d. D. Bot. Ges. 46 : 306, 1928.
- Ivanov, L. A., Silina A. A. i J. L. Cel'niker: O metode bystrogo vzvešivanija dlja opredelenija transpiracii v estestvennyh uslovijach. Bot. žurn. 35 : 171, 1950.
- Keller, B. A.: Opyty i nekotorye obščie vyvody po ekologii solončakovogo rastenija Salicornia herbacea. Vestn. opytn. dela Sr.-Černozem. obl. (1—2) : 43, 1921.
- Keller, B. A.: Halophyten- und Xerophyten-Studien. Jour. of Ecol. 13 : 224, 1925.
- Keller, B. A.: Die Vegetation auf den Salzböden der russischen Halbwüsten und Wüsten. Zeitschr. f. Bot. 18 : 113, 1926.
- Novikov, G. N.: Issledovanija po ekologii soleustojčivych rastenij. I. Vlijanie počvennogo zasolenija na rost, raschodovanie vody i nakoplenie pigmentov plastid u galofitov. Eksper. bot. 6 : 200, 1948.
- Repp, G.: Ökologische Untersuchungen im Halophytengebiet am Neusiedlersee. Jahrb. f. wiss. Bot. 88 : 554, 1939.
- Schimper, A. F. W.: Über Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration besonders in der Flora Javas. Monatsber. d. K. preuss. Akad. der Wissensch. in Berlin 40 : 1045, 1890.
- Schratz, E.: Beiträge zur Biologie der Halophyten. III. Über Verteilung, Ausbildung und NaCl-Gehalt der Strandpflanzen in ihrer Abhängigkeit vom Salzgehalt des Standortes. Jahrb. f. wiss. Bot. 83 : 131, 1936.
- Schratz, E.: Beiträge zur Biologie der Halophyten. IV. Die Transpiration der Strand- und Dünenpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 84 : 593, 1937.
- Stocker, O.: Ökologische Untersuchungen an Strand- und Dünenpflanzen des Darss. Zeitschr. f. Bot. 16 : 289, 1924.
- Stocker, O.: Standort und Transpiration der Nordseehalophyten. Zeitschr. f. Bot. 17 : 1, 1925.
- Stocker, O.: Das Halophytenproblem. Ergebn. d. Biologie 3, 1928.
- Stocker, O.: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgrösse. Ber. d. D. Bot. Ges. 47 : 126, 1929.
- Stocker, O.: Heslo „Salzpflanzen“. Handwörterbuch der Naturw. 2. Aufl. Bd. VIII : 699, 1933.
- Walter, H.: Die ökologischen Verhältnisse in der Namib-Nebelwüste (Südwestafrika). Jahrb. f. wiss. Bot. 84 : 58, 1937.

Водный режим галофитов.

I. Транспирация.

Транспирация трех различных экологических групп галофитов из южной Моравии (экстремных эвгалофитов *Salicornia herbacea*, *Spergularia salina*, *Suaeda maritima*, остальных эвгалофитов *Aster tripolium*, *Glaux maritima*, *Plantago maritima* и мезогалофитов *Atropis distans*, *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus Gerardii*, *Taraxacum bessarabicum*) изучалась весовым методом И в а н о в а (1918) в двух периодах их индивидуального развития: 1. после прорастания перед началом быстрого роста и 2. в период спелости до цветения.

Транспирация галофитов в течение индивидуального развития понижается. Экстремные эвгалофиты, развивающиеся в данный период в условиях интенсивного повышения засухи и содержания солей в почве, ограничивают транспирацию очень значительно и достигают в спелости низкие величины транспирации. Остальные эвгалофиты, выставленные более слабому повышению засухи и количества солей в почве, снижают транспирацию несколько меньше и достигают более высоких величин транспирации, чем экстремные эвгалофиты. Мезогалофиты, развивающиеся в условиях слабого повышения засухи и содержания солей, являют лишь незначительное снижение транспирации и относительно высокие величины транспирации в спелости.

Опыты с эвгалофитами *Glaux maritima* и *Salicornia herbacea* показали, что эти растения ограничивают интенсивность транспирации лишь в случае прохождения фазы быстрого роста в условиях повышения засухи и количества солей в почве. Если они в данный период эти условия не получают, то они не могут в фазе спелости достигнуть пониженной транспирации. Среди условий ведущих к ограничению транспирации эвгалофитов имеет несомненно самое большое значение постепенное повышение количества солей в почве.

Результаты настоящей работы показывают, что спор двух групп западноевропейских авторов, высока ли транспирация галофитов или низка, можно разрешить лишь тогда, если мы принимаем во внимание фазы индивидуального развития растений и условия, в которых осуществляется развитие различных экологических групп галофитов.