

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XXVIII, 5

SECTIO C

1973

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej AR w Lublinie

Zofia UZIAK

**Kształtowanie się współczynnika transpiracji sałaty w zależności
od warunków wegetacji roślin**

Формирование коэффициента транспирации салата в зависимости от условий
вегетации

Relationship between the Coefficient of Transpiration and Conditions of Plant
Vegetation

W przedłożonej pracy przedstawiono na przykładzie sałaty wyniki badań dotyczące wpływu terminu wegetacji oraz zróżnicowanego żywienia mineralnego stosowanego w różnych warunkach wilgotności środowiska na proces transpiracji. Intensywność bowiem tego procesu ulega dużym wahaniom pod wpływem różnych czynników zewnętrznych (2, 7, 8, 9, 11, 12, 14). Jednym ze wskaźników charakteryzujących transpirację może być, jak wiadomo, współczynnik transpiracji, dlatego też w pracy przyjęto określenie jego wartości jako miarę intensywności wspomnianego procesu.

CEL I METODYKA DOŚWIADCZEŃ

W latach 1968—1970 przeprowadzono doświadczenia w kulturach piaskowych i wodnych z sałatą odmiany Królowa Majowych, w których określono wahania wartości współczynnika transpiracji pod wpływem zróżnicowanych warunków wegetacji roślin. Doświadczenia w kulturach piaskowych prowadzono w doniczkach styropianowych o pojemności 2 kg piasku, a w kulturach wodnych — w słojach 1 l. W każdej doniczce lub słoju rosły dwie rośliny. Liczba powtórzeń w poszczególnych kombinacjach wynosiła: dla kultur piaskowych — 5, dla wodnych — 8. Za podstawę żywienia mineralnego przyjęto pożywkę Hoaglanda, wprowadzając zmiany dotyczące głównie koncentracji soli. Poziom wilgotności środowiska odżywczego w kulturach piaskowych był w poszczególnych doświadczeniach zróżnicowany.

Tab. 1. Wpływ koncentracji pożywki mineralnej i terminu wegetacji roślin na kształtowanie się współczynnika transpiracji sałaty (r. 1968)
Effect of the mineral medium concentration and of the term of plant vegetation on the coefficient of salad transpiration (the year 1968)

Koncentracja pożywki mineralnej Concentration of mineral medium	Wiosna (28 IV—15 VI) Spring (28th April—15th June)			Lato (10 VIII—21 VIII) Summer (10th August—21st August)			Jesień (25 IX—18 XI) Autumn (25th September— 18th November)		
	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter g	Ilość pobranej wody Amount of water uptake ml	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter g	Ilość pobranej wody Amount of water uptake ml	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter g	Ilość pobranej wody Amount of water uptake ml	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient
1/2 Hoagl.*	4,15	1400	338	4,70	2390	509	2,82	750	266
Hoagl.**	4,80	1370	287	5,16	2145	416	3,25	845	260
2 Hoagl.***	3,22	830	258	2,06	975	474	1,74	420	242
4 Hoagl.****	1,16	670	580	1,12	700	622	0,67	410	610

Kultury piaskowe (wilgotność środowiska—60% p.p.w.)
Sand cultures (medium moisture—60% full water capacity)

Kultury wodne — Water cultures

1/2 Hoagl.*	3,05	1300	426	4,23	2170	513	2,57	725	282
Hoagl.**	4,90	2000	408	4,76	2200	463	3,13	845	270
2 Hoagl.***	3,23	1245	385	3,80	1825	480	1,41	380	270
4 Hoagl.****	1,06	580	550	1,06	550	520	0,80	325	407

$\mu t = 1,12$
przy $P = 0,95$

$\mu t = 0,98$
przy $P = 0,95$

$\mu t = 1,03$
przy $P = 0,95$

- * Pożywka Hoaglanda o dwukrotnie zmniejszonej koncentracji soli mineralnych.
- ** Pożywka Hoaglanda o pojedynczej koncentracji soli mineralnych.
- *** Pożywka Hoaglanda o podwójnej koncentracji soli mineralnych.
- **** Pożywka Hoaglanda o czterokrotnie zwiększonej koncentracji soli mineralnych.
- * Hoagland's medium with twice decreased concentration of mineral salts.
- ** Hoagland's medium with single concentration of mineral salts.
- *** Hoagland's medium with double concentration of mineral salts.
- **** Hoagland's medium with four-fold increased concentration of mineral salts.

W pierwszym roku (1968) zbadano, jak na wartość współczynnika transpiracji wpływa termin wegetacji roślin oraz koncentracja soli mineralnych. Doświadczenia prowadzono równolegle w kulturach piaskowych i wodnych, powtarzając je trzykrotnie: na wiosnę (28 IV—15 VI), w lecie (10 VII—21 VIII) oraz w jesieni (25 IX—18 XI). Wilgotność środowiska w kulturach piaskowych utrzymywano na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej (p.p.w.). Rośliny, zarówno w kulturach piaskowych, jak i wodnych, zasilano pożywką Hoaglanda o różnej koncentracji (tab. 1).

W drugiej serii doświadczeń, powtarzanych również w trzech okresach wegetacji (20 IV—8 VI, 2 VII—16 VIII i 5 IX—28 X 1969), przebadano wpływ trzech koncentracji soli mineralnych na kształtowanie się współczynnika transpiracji sałaty (tab. 2). Doświadczenia prowadzono tylko w kulturach piaskowych, w których wilgotność środowiska wynosiła 30, 60 lub 90% p.p.w.

W r. 1970 przeprowadzono dwa doświadczenia (3 V—15 VI i 16 V—1 VII) nad kształtowaniem się współczynnika transpiracji w zależności od zastosowanej formy azotu — azotanowej lub amonowej, a także od zwiększonej ilości soli potasu i obecności soli sodu w środowisku. Doświadczenia prowadzono w kulturach wodnych oraz piaskowych, o zawartości wody 30, 60 lub 90% p.p.w. (tab. 3 i 4). Doświadczenia kończono w szóstym tygodniu wegetacji roślin. Z uzyskanej powietrznie suchej masy liści i korzeni określono plon masy wegetacyjnej sałaty z doniczki lub słoja. Ze stosunku ilości wody zużytej przez cały okres wegetacji do podlewania roślin w kulturach piaskowych lub pobranej przez rośliny w kulturach wodnych do powietrznie suchej masy wegetacyjnej sałaty obliczono współczynnik transpiracji dla roślin w poszczególnych doświadczeniach. Uzyskane wartości zestawiono w tab. 1, 2, 3 i 4.

WYNIKI BADAŃ

Ilość pobranej wody przez rośliny w czasie wegetacji, a także wysokość plonów masy wegetacyjnej sałaty była uzależniona od terminu wegetacji oraz od zawartości wody i soli mineralnych w środowisku odżywczym. Rośliny rosnące w lecie, zarówno w kulturach piaskowych, jak i wodnych pobrały więcej wody niż rośliny rosnące w okresie wiosny lub jesieni. Mimo że plony roślin wegetujących w lecie, zwłaszcza w r. 1969, były wyższe od plonów sałaty odpowiednich serii doświadczeń wiosennych i jesiennych, to wydajność wodna w tym okresie była niska. Najwyższym bowiem współczynnikiem transpiracji charakteryzowały się rośliny rosnące w lecie, najniższym — na jesieni (tab. 1 i 2).

Zwiększona koncentracja soli w środowisku odżywczym w granicach od 1/2 do 2 koncentracji pożywki Hoaglanda, niezależnie od wilgotności środowiska, ograniczała intensywność transpiracji. Wpływ ten był bardziej istotny na wiosnę i w lecie, a nieznaczny w jesieni, kiedy pobieranie wody przez rośliny było znacznie mniejsze, a produkcja masy wegetacyjnej obniżona. Natomiast duże zasolenie środowiska (czterokrotnie zwiększona koncentracja soli mineralnych) wpłynęło specyficznie na proces transpiracji, zwłaszcza u roślin kultur piaskowych. Rośliny

Tab. 2. Wpływ koncentracji soli mineralnych, wilgotności łożowiska odżywczego i terminu wegetacji roślin na kształtowanie się współczynnika transpiracji sałaty (r. 1969)
Effect of the concentration of mineral salts, moisture of nutrient medium and term of plant vegetation on the coefficient of salad transpiration (the year 1969)

Koncepcja soli mineralnych Concentration of mineral salts Wilgotność łożowiska & p.p.w. Medium moisture	Wiosna (20 IV — 8 VI) Spring (20th April — 8th June)			Lato (2 VII — 16 VIII) Summer (2nd July — 16th August)			Jesień (5 IX — 28 X) Autumn (5th September — 28th October)		
	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter	Ilość pobranej wody Amount of water uptake	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter	Ilość pobranej wody Amount of water uptake	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter	Ilość pobranej wody Amount of water uptake	Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient
	g	ml		g	ml		g	ml	
1/2 Hoagl.*	2,36 3,24 3,73	800 1185 1460	338 366 392	5,12 5,90 6,95	2105 2465 2940	411 418 423	2,10 3,04 3,00	575 865 875	274 284 292
Hoagl.**	2,91 4,20 5,42	860 1210 1665	296 282 307	6,09 8,65 9,23	1990 2985 3425	327 345 372	2,55 3,80 3,91	685 1025 1045	268 270 267
2 Hoagl.***	2,95 5,04 6,92	680 1170 1700	230 232 246	3,90 7,11 10,80	1170 2405 3825	300 338 354	1,90 2,51 3,02	400 550 655	240 220 217

$\mu t = 0,65$
przy $P = 0,95$

$\mu t = 0,77$
przy $P = 0,95$

$\mu t = 0,72$
przy $P = 0,95$

Objasnienia jak w tab. 1.
Explanation as in Table 1.

Tab. 3. Wpływ żywienia azotowego i wilgotności środowiska odżywczego na kształtowanie się współczynnika transpiracji sałaty (3 V — 15 VI 1970 r.)

Effect of nitric nutrition and moisture of nutrient medium on the coefficient of salad transpiration (3rd May — 15th June, 1970)

Koncentracja soli mineralnych i formy azotu Concentration of mineral salts and nitrogen forms	Wilgotność środowiska % p.p.w. Medium moisture	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter		Ilość pobranej wody Amount of water uptake		Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter		Ilość pobranej wody Amount of water uptake	Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient
		g	ml	g	ml					
Kultury piaskowe Sand cultures										
Hoagl. N/NO ₃ -*	30	2,91	830	286	3,28	396	Kultury wodne Water cultures			
	60	5,20	1700	327	1300	421				
	90	6,57	2130	324						
Hoagl. N/NO ₃ - i NH ₄ +**	30	2,89	900	312	3,10	421	Kultury wodne Water cultures			
	60	5,04	1520	320	1305	466				
	90	6,14	2055	335						
Hoagl. N/NH ₄ +***	30	1,84	565	308	2,82	466	Kultury wodne Water cultures			
	60	2,87	1075	375	1315	466				
	90	4,95	1920	388						

$\mu t = 0,92$

przy $P = 0,95$

$\mu t = 0,76$

przy $P = 0,95$

- * Pożywka Hoaglanda o pojedynczej koncentracji soli mineralnych, azot wyłącznie w formie azotanowej.
- ** Pożywka Hoaglanda o pojedynczej koncentracji soli mineralnych, azot w formie azotanowej i amonowej.
- *** Pożywka Hoaglanda o pojedynczej koncentracji soli mineralnych, azot wyłącznie w formie amonowej.
- Hoagland's medium with single concentration of mine ral salts, nitrogen in the form of nitrate only.
- ** Hoagland's medium with single concentration of mine ral salts, nitrogen in the form of nitrate and ammonium.
- *** Hoagland's medium with single concentration of mine ral salts, nitrogen in the form of ammonium only.

tych serii charakteryzowały się wyjątkowo wysokim współczynnikiem transpiracji (tab. 1).

Na pewne podwyższenie intensywności transpiracji sałaty wpłynęło również zastosowanie azotu w formie amonowej, a także wprowadzenie soli sodu do środowiska odżywczego roślin. Natomiast zwiększona zawartość potasu w pożywce spowodowała obniżenie współczynnika transpiracji, zwłaszcza u roślin kultur piaskowych (tab. 3 i 4).

Wartość współczynnika transpiracji była również uzależniona od zawartości wody w środowisku wegetacji roślin. Na ogół rośliny kultur wodnych charakteryzowały się wyższym współczynnikiem niż rośliny analogicznych serii kultur piaskowych. Również w doświadczeniach prowadzonych w kulturach piaskowych stwierdzono, że rośliny znajdujące obfitość wody wykazują przeważnie wyższą transpirację niż rośliny rosnące w warunkach małej wilgotności środowiska. Należy przy tym zaznaczyć, że wpływ ten był znacznie większy w okresach wzmożonej transpiracji, tzn. w lecie, natomiast w jesieni — znacznie mniejszy (tab. 1 i 2).

DYSKUSJA

Z przeprowadzonych doświadczeń z sałatą wynika, że kształtowanie się współczynnika transpiracji było uzależnione od warunków wegetacji roślin. W wyniku zróżnicowania tych warunków wartość współczynnika transpiracji roślin doświadczalnych wahała się w granicach od 200 do 620. Obserwacje te potwierdzałyby w pewnym stopniu stwierdzenie Listowskiego (7) sugerujące, że wielkość współczynnika transpiracji nie określa zapotrzebowania rośliny na wodę, a zależy od warunków środowiska.

W omawianych doświadczeniach najwyższy współczynnik transpiracji osiągały rośliny znajdujące nadmierną ilość soli mineralnych w środowisku. Wydały one wyjątkowo niski plon masy wegetacyjnej (tab. 1). Wynika z tego, iż słuszne są stwierdzenia określające zależność pomiędzy transpiracją a ogólnym metabolizmem roślin (4, 5, 13). W przypadku gdy metabolizm był nieprawidłowy, o czym w omawianym doświadczeniu może świadczyć wyjątkowo niski plon, wykorzystanie wody przez rośliny było również niewłaściwe, co potwierdził wysoki współczynnik transpiracji. Wzrost współczynnika transpiracji może być związany z pewnymi nie sprzyjającymi warunkami wegetacji roślin. Świadczy o tym fakt podwyższenia jego wartości przy zastosowaniu azotu w formie amonowej lub obecności sodu w środowisku. Sałata bowiem uważana za roślinę sodofobną jest i azotanolubna (tab. 3).

Tab. 4. Wpływ potasu i sodu oraz wilgotności środowiska ożywczego na kształtowanie się współczynnika transpiracji
 Effect of sodium and potassium and of nutrient medium moisture on the coefficient of salad transpiration (16th May —
 1st July, 1970)

Koncentracja soli mineralnych Concentration of mineral salts	Wilgotność środowiska % p.p.w. Medium moisture	Sucha masa vegetacyjna Dry vegetative matter g		Ilość pobranej wody Amount of water uptake ml		Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient	Sucha masa vegetacyjna matter g		Ilość pobranej wody Amount of water uptake ml		Współ- czynnik trans- piracji Trans- piration coefficient
		Kultury piaskowe Sand cultures						Kultury wodne Water cultures			
Hoagl.*	30	3,92	1205	307	3,82	1530	401				
	60	5,02	1645	328							
	90	5,48	2120	387							
Hoagl	30	3,68	1010	275	3,48	1375	395				
+200 mg K ₂ O **	60	5,72	1470	257							
	90	6,26	1815	290							
Hoagl.	30	3,97	1550	391	2,62	1335	510				
+100 mg Na ₂ O ***	60	5,35	2165	405							
	90	6,15	3025	492							

$\mu t = 0,88$

przy $P = 0,95$

$\mu t = 1,02$

przy $P = 0,95$

- * Pożywka Hoaglanda o pojedynczej koncentracji soli mineralnych.
- ** Pożywka Hoaglanda ze zwiększoną koncentracją soli potasu.
- *** Pożywka Hoaglanda uzupełniona solą sodu.
- * Hoagland's medium with single concentration of mineral salts.
- ** Hoagland's medium increased concentration of potassium salt.
- *** Hoagland's medium supplemented with sodium salt.

Wyraźny zaś wzrost zużycia wody i współczynnika transpiracji u roślin wegetujących w pełni lata potwierdzałyby dawne sugestie, że woda parująca z powierzchni liści jest ważnym czynnikiem termoregulującym. Ograniczający natomiast wpływ zwiększonej koncentracji soli potasu oraz całej pożywki w granicach od 1/2 do 2 koncentracji pożywki Hoaglanda jest związany najprawdopodobniej z dwoma różnymi czynnikami; w przypadku zwiększonej dawki soli potasu — z fizjologiczną rolą tego składnika w procesie hydratacji koloidów plazmy (1, 9); w przypadku zaś zmiany koncentracji całej pożywki — z rolą transpiracji w procesie pobierania i transportu soli mineralnych przez rośliny (6, 9, 10). Jak wynika z prac Bowlinga (3), udział transpiracji w procesie przemieszczania składników mineralnych w roślinie nie tylko jest uzależniony od właściwości fizjologicznych jonów, ale także od koncentracji roztworów pokarmowych. Można zatem się spodziewać, że proces wydzielania wody przez rośliny w postaci pary wodnej może być w pewnym stopniu stymulowany lub hamowany przez zastosowanie odpowiedniego żywienia mineralnego.

PIŚMIENNICTWO

1. Arland A.: Die Anwendung von Mineraldünger im Blickfelde der „Anwelkmethode“. Deutsche Landwirtsch. 3, 409—412 (1952).
2. Aslyng H. C.: Water Consumption in Plant Production. Encyclopaedia of Plant Physiology 3, 685—695 (1956).
3. Bowling D. J. F.: Active and Passive Transport in Relation to Transpiration in *Helianthus annuus*. Planta 83, 53—59 (1968).
4. Brun W. A.: Photosynthesis and Transpiration from Upper and Lower Surfaces of Intact Banana Leaves. Plant Physiol. 36, 399—405 (1961).
5. Hygen F.: Studies in Plant Transpiration. Physiol. Plantar. 6, 106—133 (1953).
6. Hylmo B.: Transpiration and Ion Absorbtion. Physiol. Plantar. 6, 333—405 (1955).
7. Listowski A.: Okresy krytyczne w gospodarce wodnej. [w:] Gospodarka wodna roślin, PAN, t. III, Warszawa 1955.
8. Pawłow A. N., Łobanow N. W., Kolesnik T. I.: Po tuplenije N¹⁵ w razlicznyje organy jaczmienija w zawisimosti ot intienswnosti tranpiracyi. Fiziol. rast. 18, 835—837 (1971).
9. Rogalew I. E.: Wlijanije jonow K, Cl i SO₄ na intienswnost' transpiracyi kulturalnych rastienij. Fiziol. rast. 5, 494—500 (1958).
10. Russel R. S., Barber A. D.: The Relation Between Salt Uptake and Absorption of Water Intact Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 11, 127—140 (1960).
11. Skaskin F. S.: Wlijanije izbytočnogo uwlaźnienija poczwy na rastienija w razlicznyje pieriody ich razwitija. Fiziol. rast. 7, 269—275 (1960).
12. Strebeyko P.: Próby mierzenia transpiracji w naturalnych warunkach polowych. RNR seria A, 90 (3), 325—340 (1965).

13. Warchołowa M.: Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukrów przez buraki cukrowe. Pamiętnik Puławski 47, 199—214 (1971).
14. Zielińska D.: Fizjologiczne przyczyny wysokiego współczynnika transpiracji oraz wrażliwości na okresowy niedobór wody w podłożu u dwu odmian lnu włóknistego. Poznań 1964 (maszynopis pracy doktorskiej).

РЕЗЮМЕ

В опытах с салатом исследовали влияние срока вегетации и содержания в питательной среде воды и минеральных солей на величину коэффициента транспирации. Установили, что величина коэффициента транспирации зависела от срока вегетации растений. Наибольший коэффициент транспирации был характерен для растений летом, меньший — весной и наименьший — осенью. Увеличение концентрации минеральных солей от 1/2 до 2 концентраций питательной среды Хоагленда и калийной соли в питательной среде понижает интенсивность транспирации растений. Чрезмерное засоление среды, применение азота в аммониевой форме и наличие натрия в питательной среде увеличивали интенсивность транспирации. Коэффициент транспирации растений водных культур и растений с обильным содержанием воды в среде был большим, чем у салата, произрастающего в условиях недостатка воды.

SUMMARY

In experiments with salad the effect of vegetation terms and of water and mineral salt content in the nutrient medium on the value of transpiration coefficient was investigated. The experiments were carried out in water and sand cultures at three levels of moisture (30, 60 and 90% of full water capacity), applying Hoagland's medium of different concentration.

It was found that the value of transpiration coefficient depended upon the term of plant vegetation. Plants from summer experiments were characterized by the highest coefficient of transpiration, whereas those from autumn experiments by the lowest one. Increased concentration of all mineral salts within 1/2—2 and increased content of potassium salt only resulted in lowered intensity of plant transpiration. Excessive salinization of nutrient medium, application of nitrogen as ammonium ions and presence of sodium in the medium increased the intensity of transpiration. The transpiration coefficient of plants from water cultures and also of plants with abundant water supply in the environment was higher than that of salad growing at water deficiency.