

STUDIUL RAPORTULUI Ca/K FOLIAR DE DIFERITE SOLUBILITĂȚI CA MARKER FIZIOLOGIC PENTRU TOLERANȚA LA SECETĂ

Dr.ing. Viorel BLUJDEA, ing. Monica IONESCU
Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice București

Introducere

Abordarea ecofiziologică a relațiilor hidrice la speciile forestiere este o chestiune acută pentru silvicultura noastră, atât ca o consecință a plasării unei părți însemnate din păduri spre limita caldă a pădurii cât și a fenomenelor de secetă ce se abat consecvent asupra teritoriilor de mică altitudine mai ales din sudul României. Dintre aceste păduri cele mai amenințate sunt cele de cer și gărnă, specii forestiere deosebit de valoroase. Tehnicile clasice utilizate în țara noastră referitoare la studiul apei se refereau la determinări asupra intensității transpirației ca manifestare a schimbului de vapori de apă între plantă și mediu și prezentau ca rezultat o dinamică diurnă sau sezonieră a procesului. Incursiunile în starea hidratării țesuturilor foliare au fost reduse ca număr (Alexe, 1986) și au prezentat chiar lipsuri metodologice (în aprecierea stării de hidratare s-a pornit de la valoarea momentană a umidității probei și nu de la una standard de hidratare maximă – Marcu, 1966). Întrepătrunderea fluxurilor de nutrienți și apă are fără îndoială efecte funcționale generate de modificarea concentrației sevei, permeabilității membranelor și structura pereților celulari, cu efecte asupra productivității și supraviețuirii plantei în diverse condiții de mediu.

Abordarea conținutului de nutrient în forma totală, în maniera clasică, nu reflectă implicarea în procese conexe a nutrienților (chiar nici a nutriției minerale) și mai ales a legăturii cu starea de hidratare. De aceea, fracționarea formei totale în forme de diverse solubilități, prin extracte specifice, care să reflecte cât mai fidel structura momentană a conținutului fiecărui element constituie o investigație convenabilă ca metodă și rezultate.

Locul cercetărilor. Material și metoda

Cercetările au fost efectuate în ua 25 A, UP V Pustnicul, O.S. Brănești. Arboretul are compoziția 6Str2Ce2Stb (dis Ci), este de natura artificială, din semănătură în vârstă de 30 ani. Stejarul brumăriu prezintă creștere slabă și este copleșit de celelalte două specii (putinele exemplare existente sunt pe cale de uscare, în maniera uscării naturale). Starea de sănătate este normală, cu creșteri chiar viguroase la stejar roșu și la cer. Subarboretul este bine reprezentat de păducel, arțar tătărească și lemn căinesc, iar litiera este continua normală, cu descompunere aparent dificilă. Arborii de probă de cer și stejar roșu, câte 6 (n=6) din fiecare specie au fost aleși din clasa I Kraft, fără semne de debilitare sau urme de atac de insecte. Recoltarea probelor s-a făcut o dată pe lună, în intervalul orar 11-13 al zilei respective. Probele au constat din frunze proaspăt, la care jumătate din limb era conservat ermetic în fiole de aluminiu și utilizat pentru determinări de umiditate și forme totale de nutrienți, iar cealaltă jumătate a

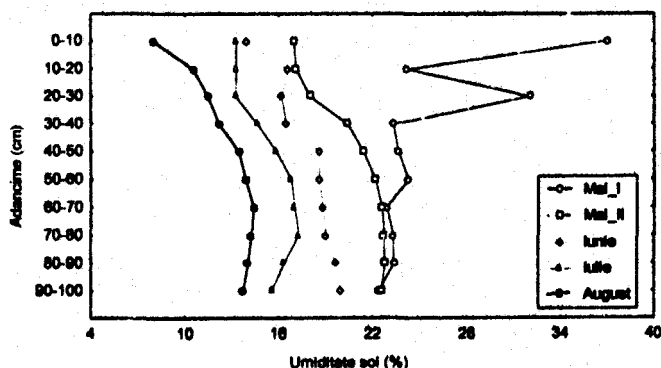
limbului conservată în fiole în azot lichid și utilizată apoi pentru determinarea conținutului de forme solubile. *Forme foliare de nutrienți solubile în apă bidistilată (deionizată)* - extractul în apă bidistilată prin procese fizice (de spălare de ioni a materialului vegetal conservat în azot lichid, mărunțit) conține ioni liberi de nutrienți aflați în soluțiile și structurile celulare sau tisulare (vacuole, citoplasmă, nucleu, plasmalemă) sau acelulară (pereți celulari, meaturi, vase conducătoare specializate).

Forme foliare de nutrienți solubile în acid slab (acid acetic) - extract foliar în acid acetic (1 n) din probele supuse în prealabil extracției în apă bidistilată. Extractul conține ioni eliberați de structurile organice (legați chimic, dar și fizic) prin schimb de ioni. Acești ioni sunt de asemenea eliberați din toate structurile celulare și tisulare.

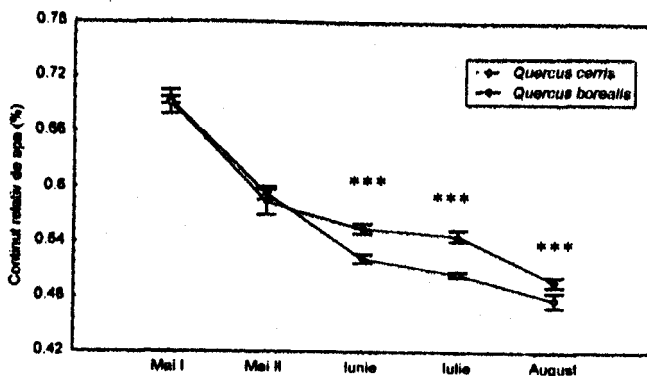
Formele foliare totale de nutrienți - extract prin digestie chimică totală și acizi tari a probelor uscate în etuvă la 70 °C, până la masă constantă. Este mai mult decât suma celorlalte două, incluzând formele legate chimic în structuri chimice. Constituie parametrul utilizat curent pentru aprecierea nutriției minerale a plantelor. Determinarea conținutului pentru fiecare tip de nutrient s-a făcut cu flamfotometrul EPPENDORF, iar valorile sunt date în ppm SU. Umiditatea solului s-a determinat gravimetric prin raportare greutatea uscată (105 °C), probele fiind recoltate în zilele de recoltare a frunzelor.

Rezultate obținute

Dinamica umidității solului. Umiditatea solului scade continuu de-a lungul sezonului de vegetație, de la cca. 25 % devreme în mai până la 12 % în cursul lunii august. Umiditatea coboară sub coeficientul de ofilire încă din cursul lunii iunie.

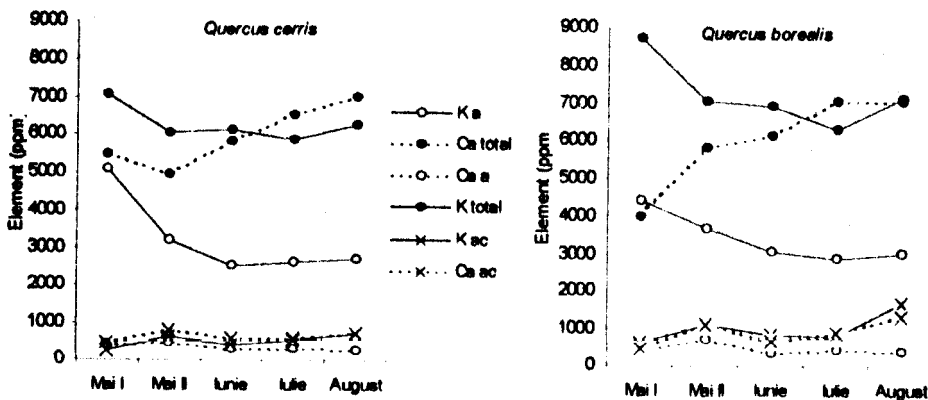


Dinamica umidității țesuturilor foliare. Umiditatea țesuturilor foliare este foarte semnificativ mai mare la stejar roșu decât la cer începând din iunie și continua în iulie și august. Conținutul de apă coboară de la 70 % la 48 % la cer și 52 % la stejar roșu.



Conținutul de nutrienți foliați forma totală. Ca se acumulează de-a lungul sezonului de vegetație crescând de la 5000 la cca. 7000 ppm. Potasiul scade de la circa 8000 ppm la 7000 ppm la stejarul roșu, iar la cer de la 7000 ppm la 6000 ppm la cer.

Conținutul de nutrienți solubili în acizi slabi. Conținutul de formă solubilă în acid slab este foarte redusă, reprezentând un procent mediu pe sezon de sub 15 % (Tabel I).



Tabel I. Formă foliară solubilă în acid acetic (n=6, pentru întreg sezonul de vegetație)

Element	<i>Q. cerris</i>		<i>Q. borealis</i>	
	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală
K	531 (257 - 728)	9 (4 - 12)	1036 (642 - 1692)	15 (7 - 24)
Ca	656 (480 - 766)	11 (7 - 14)	930 (485 - 1357)	13 (8 - 24)

Conținutul de formă solubilă în apă. Cantitativ este mai însemnat decât conținutul de formă solubilă în acid slab în cazul potasiului, proporția din forma

totală putând ajunge până la 59 % (valorii medii sezoniere), iar în cazul calciului numai la 6 % din valoarea formei totale (figura, Tabelul II).

Tabel II. Formă foliară solubilă în apa (n=6, pentru întreg sezonul de vegetație)

Element	<i>Q. cerris</i>		<i>Q. borealis</i>	
	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală
K	3742 (2540 – 5072)	59 (41 – 72)	3431 (2910 – 4424)	57 (44 – 92)
Ca	360 (270 – 488)	5 (1 – 10)	471 (374 – 739)	6 (1 – 13)

Conținutul total de formă solubilă. Extragerea în trepte a formelor solubile din același material vegetal (întâi în apă și apoi în acid) permite o imagine clară asupra fondului solubil total al celor două elemente.

Element	<i>Q. cerris</i>		<i>Q. borealis</i>	
	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală	Media (max-min) (ppm)	% din forma totală
K	3765 (3211-5329)	68 (48-75)	4467 (3754 – 5066)	72 (58-66)
Ca	1016 (898 – 1318)	16 (14 – 25)	1400 (945 – 1899)	19 (17-32)

Rapoarte ionice. K/Ca, forme solubile în apă este de circa 9 la *Q. cerris* și 7 la *Q. borealis*, în timp ce formele solubile în acid se apropie de 1. Raportul formelor totale este ușor supraunitar la ambele specii (Tabelul III).

Tabelul III. Rapoarte ionice între forme de diverse solubilități (n=6, pentru întreg sezonul de vegetație)

Specificații		K/Ca			
		Forme solubile în apă	Forme solubile în acid	Forme solubile total	Forme totale
<i>Quercus cerris</i>	Mai I	11.80	0.54	10.19	1.29
	Mai II	6.56	0.80	3.66	1.21
	Iunie	7.95	0.74	4.97	1.06
	Iulie	9.00	0.93	4.36	0.90
	August	10.05	0.95	5.09	0.90
	Media	9.07	0.79	5.65	1.07
<i>Quercus borealis</i>	Mai I	9.62	1.33	9.56	2.20
	Mai II	5.02	0.98	3.45	1.21
	Iunie	8.58	1.21	3.68	1.13
	Iulie	6.86	0.91	2.77	0.89
	August	8.13	1.25	4.78	1.01
	Media	7.64	1.14	4.85	1.29

Discuții

Studiul statistic al diferențelor dintre conținuturile de nutrient de diferite solubilități evidențiază diferențe semnificative numai între K solubil în acid ($p=0.0356$) și la limita semnificației între formele totale de K ($p=0.0715$) și Ca total solubil ($p=0.0908$). Între rapoartele ionice de forme de diverse solubilități, diferențe semnificative există numai între formele solubilizate cu acid.

Panta regresiiilor liniare generate de forme totale de Ca și K este mai apropiată de orizontală la *Q. cerris* ($m=0.089$) decât la *Q. borealis* ($m=0.227$) pentru formele totale, ceea ce sugerează o dinamică mai activă a fluxurilor la stejar roșu (pe baza celui transpirant care este vector pentru fluxul de nutrienți).

Starea de hidratare a țesuturilor foliare se corelează cu potasiul solubil în apă foarte semnificativ la *Q. cerris* ($r=0.93$, $p=0.024$), cât și la *Q. borealis* ($r=0.962$, $p=0.008$), ca și cu forma total solubilă la *Q. cerris* ($r=0.889$, $p=0.043$), dar nu și la *Q. borealis*. În ceea ce privește Ca, numai forma totală se corelează cu gradul de hidratare tisulară semnificativ la stejar roșu ($r=0.9751$, $p=0.0469$), fără alte corelații semnificative. Existența corelațiilor semnificative între gradul de hidratare tisulară și conținutul de potasiu solubil la cele două specii, sugerează că potasiul intervine semnificativ în menținerea gradului de hidratare tisulară, însă în diferențierea dintre cele două specii mai intervin și alte mecanisme. De asemenea, gradul de hidratare tisulară foliar se corelează pozitiv cu raportul ionic K/Ca forma totală la cer ($r=0.93$, $p=0.0182$) și la stejar roșu ($r=0.93$, $p=0.0199$).

Procentual, cca 70 % din forma totală de K este solubil, iar la Ca circa 17%, ce sugerează prezenta K mai ales sub formă de ion liber, iar la Ca în formă legată chimic și stabilă în structuri, în proporție relativ constantă de-a lungul sezonului de vegetație. Procentul de forma solubilă la potasiu este posibil să fie subestimat, deși oarecum rezultatele pot fi realiste în condițiile unui an deosebit de secetos (2000). Din aceasta stare decurge și circulația cu totul diferită a celor două elemente la nivelul plantei: K instabil și mai activ resorbit din țesuturi cade iar Ca mult mai puțin mobil. De asemenea atomul de K pierde foarte ușor un electron și trece în stare ionică, ceea ce-l face mai instabil în legături chimice și în plus nu are afinitate pentru legături chimice cu compuși organici (inclusiv enzime)

Metoda de lucru este vitregită de imposibilitatea decelării între conținuturile de Ca și K din apa simplastică și cea apoplastică. Apa apoplastică conține ioni liberi din vase și pereți celulari, iar cea simplastică conține ioni din protoplast (inclusiv vacuola). Rolul ionilor în studiu se manifestă mai ales la nivelul plasmalemei ce reglează fluxurile din/spre citoplasmă dar și în vacuole ca participant activ la reglarea potențialului hidric. Proprietățile individuale ale ionilor de Ca și K generează proprietăți specifice în raport cu apa (K este de circa 10 ori mai avid față de apa decât Ca, corespunzător energiilor de hidratare – Davidescu, 1979) și prin urmare chiar în apoplast efectul asupra potențialului hidric poate fi semnificativ.

Literatura agricolă menționează că aprovizionarea cu K reduce consumul de apă pe unitatea de materie vegetală sintetizată (numeroși autori citați de

Davidescu, 1979), problematica speciilor forestiere fiind oarecum neabordată din acest punct de vedere (Clement, 1989).

Studiul potasiului in ecosistemul forestier merită mai multă atenție, atât pentru îmbunătățirea productivității cât și a reacției la stres hidric.

Concluzii

Forma solubilă de potasiu reprezintă peste 70% din forma totală, iar la Ca numai 17%, ceea ce decurge din proprietățile lor fizico-chimice și comportarea la nivelul structurilor arborilor.

Forma solubilă în apă de potasiu se corelează pozitiv semnificativ cu gradul de hidratare tisulară foliar, iar cele de calciu se corelează negativ și nesemnificativ.

Forma total solubilă, ce cumulează efectele formelor solubile în apă și acid nu se corelează semnificativ cu gradul de hidratare tisulară foliară.

Formele totale ale Ca și K nu se corelează cu gradul de hidratare tisulară foliară.

Din cercetările noastre raportul ionic forme totale (K/Ca) se corelează pozitiv semnificativ cu starea de hidratare tisulară foliară, ceea ce poate sugera o contribuție a celor doi ioni în economia apei la nivelul frunzei.

Bibliografie

Alexe A. (1985, 1986): Analiza sistemică a fenomenului de uscarea a cvercineelor și cauzele acestuia, (I) în Rev Păd 4/1984; (II) în Rev Păd în 1/1985; (III) în Rev Păd 3/1985; (IV) în Rev Păd 1/1986; (V) în Rev Păd 2/1986, (VI) în Rev Păd 3/1986

Clement A. (1989) – Equilibre ionique du tissu foliaire de l'épicea – *Picea abies* L. Karst et pin noir d'Autriche - *Pinus nigra* Arnold var. nigra, These pour obtenir le grade de docteur d'état-es-sciences a L Institut National Polytechnique de Lorraine

Davidescu D., Velicica Davidescu (1979): Potasiul în agricultura, Chimizarea agriculturii IV, Ed. Academiei Republicii Socialiste Romania, Bucuresti

Davidescu D., Velicica Davidescu, Lacatusu R.(1984): Sulful, calciul și magneziul în agricultura, Chimizarea agriculturii V, Chimizarea agriculturii IV, Ed. Academiei Republicii Socialiste Romania, Bucuresti

Parascan D., Danciu M. (1983) Morfologia și fiziologia plantelor lemnoase cu elemente de taxonomie vegetală, Ed. Ceres, București

Slavik B., 1974 : Methods of studying plant water relations, Academia Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, Springer - Verlag Berlin.Heidelberg.New York

TOTAL AND SOLUBLE FORMS RATIO OF Ca AND K AS A PHYSIOLOGICAL MARKER FOR DROUGHT TOLERANCE

ABSTRACT

The research was carried out in a 30 years old mixed stand with *Quercus borealis*, *Q. cerris*, *Q. pedunculiflora* and *Prunus cerasus*, of which only first two species accounted for the experiment. As long as the vegetative season (May - late August) the leaves samples were picked up to establish the Ca and K contents in water soluble forms and weak acid soluble forms by two steps extraction of fresh matter, also the leaves humidity was counted as % of dry matter. Parallel samples were picked up to establish the total Ca and K contents in leaves. Each time of leaves sampling the soil humidity was measured as % of dry matter, every 10 cm till 100 cm depth. The average soil humidity decreased since May from 25% to 12% in late August, while the wilting point is 15% water content (it ranges 12-19% according the soil depth), under the circumstances of one of the driest years over last 100 years. The water content of the leaves decreases along vegetative season, in May it is about 70% for both species. Since June the leaves water content becomes significantly higher in *Q. borealis* than in *Q. cerris*, accounting for 6-8%. K soluble forms (sum of water and weak acid forms) account for 70% from total forms, while the Ca soluble forms account for only 17%. The soluble forms of Ca and K correlate significantly with leaves water content, meanwhile the other forms correlate with not at all. The ionic ration of Ca/K correlate significantly with hydration status of leaves tissues, which suggests a possible use of above mentioned ratio as physiological marker for drought behavior test.