

Universitatea de Științele Vieții “Regele Mihai I al României” din Timișoara  
Școala Doctorală -Ingenieria Resurselor Vegetale și Animaliere



**Ing. JUCȘOR (BOLDEA) NOEMI-LARISA**

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**REZUMAT**

**STUDII PRIVIND MORFO-FIZIOLOGIA, BIOCHIMIA ȘI  
POTENȚIALUL BIOPRODUCTIV LA *Silphium perfoliatum* L.**

**Conducător Științific**

**PROF. DR. ȘUMĂLAN RADU**

**Timișoara**

**2024**

## A. INTRODUCERE

Principalele obiective specifice ale tezei de doctorat au urmărit; caracterizarea morfologică, fiziologică și ecologică a speciilor genului *Silphium* cu precădere a speciei *S. perfoliatum*; evaluarea impactului condițiilor de sol și climă asupra principalilor indici fiziologici implicați în realizare bioproductivității plantelor, elaborarea unei metode nondistructive, rapide, facile și exactă, prin de determinare a suprafeței foliare, bazată pe determinarea unor parametri ai frunzelor; determinarea dinamicii de formare a biomasei; identificarea unor corelații între indicii fiziologici analizați și între indicii fiziologici și componentele biomasei; determinarea intensității fotosintezei și a componentelor acesteia; determinări asupra intensității fotosintezei în condiții naturale, în experiențe de câmp, prin variații ale radiației fotosintetice active (PAR) și respectiv ale concentrației de dioxid de carbon atmosferic (CO<sub>2</sub>- atm); evaluarea impactului condițiilor de deficit hidric indus asupra intensității fotosintezei prin experiențe realizate în condiții controlate.

Teza de doctorat este structurată pe trei capitole. În primul capitol este prezentat stadiul actual al cunoașterii cu privire la istoricul, biologia și domeniile de utilizare ale genului *Silphium*, cu referire directă la specia *Silphium perfoliatum*. În capitolul al doilea sunt prezentate rezultatele cercetărilor proprii privind dinamica unor parametri fiziologici implicați în realizarea biomasei la *S. perfoliatum*. Capitolul al treilea prezintă rezultatele obținute în urma determinărilor asupra principalilor parametri fotosintetici la *S. perfoliatum*.

### B. CONȚINUTUL TEZEI DE DOCTORAT

#### STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND IMPORTANȚA ȘI DOMENIILE DE UTILIZARE LA SPECIILE DE SILPHIUM

#### CAPITOLUL 1. CERCETĂRI ASUPRA ISTORICULUI, BIOLOGIEI ȘI UTILIZĂRII LA *SILPHIUM PERFOLIATUM* L.

##### 1.1. ISTORICUL CULTIVĂRII ȘI UTILIZĂRII SPECIILOR DE SILPHIUM.

Domesticirea preistorică a diferitelor plante s-a realizat prin selecție conștientă și inconștientă, determinată de capacitatea populațiilor umane vechi de a dispersa semințele, fapt ce le asigura supraviețuirea pe termen scurt.

Perennialismul permite, exploatarea agricolă a unor condiții de sol variate, atât din punct de vedere fizic, cât și biologic, care sunt mai frecvent asociate cu pajiștile naturale sau cu alte ecosisteme sălbatice. *Silphium perfoliatum* este o plantă perenă, cu plasticitate ecologică ridicată, adaptabilă unor condiții variate de sol și climă, cu potențial bioproductiv ridicat și o foarte bună toleranță la factorii de stres biotici și abiotici .

##### 1.2. ORIGINEA ȘI DIVERSITATEA GENULUI SILPHIUM .

*Silphium* L. reprezintă un gen de plante din familia Asteraceae, ordinul Asterales .

Speciile de silphium sunt plante perene identificate frecvent în preri, câmpuri, păduri deschise și tufărișuri din arealul estic și median al Statelor Unite și Canadei. Au fost identificate inițial 33 de specii de silphium, repartizate în cinci secțiuni (composita, dentata, integrifolia, laciniata și perfoliata), pe baza unor caractere morfologice ale frunzelor, tulpinii și capitulului.

##### 1.3. CLASIFICAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI DIVERSITATEA VARIETALĂ

Conform GBIF (Global Biodiversity Information Facility) planta cupă face parte din punct de vedere taxonomic din: Familia Asteraceae, Genul *Silphium* L.

*S. perfoliatum* este cultivată, în special cu caracter experimental, în mai multe țări europene (Germania, Franța, Spania, Belgia, olanda, Ungaria, România, Ucraina, etc.) din Asia (China, India, Japonia), America de Sus (Chile) și Statele Unite fără a exista însă suprafețe extinse. Toate speciile de silphium sunt diploide, ( $2C = 16,6-16,9$ ) . Se cunosc următoarele specii din genul silphium: *Silphium albiflorum* a.gray, *S. asteriscus* L., *S. brachiatum* gatt., *S. compositum* michx., *S. glutinosum*, *S. integrifolium* michx., *S. laciniatum* L., *S. mohrii*, *S. pinnatifidum* elliot, *S. radula* nutt., *S. terebinthinaceum*, *S. trifoliatum* L., *S. wasiotense*.

#### 1.4. STADIUL CUNOAȘTERII PRIVIND PARTICULARITĂȚILE MORFOLOGICE ALE SPECIEI *SILPHIUM PERFOLIATUM*

Planta este atractivă pentru polenizatori și pentru o mare diversitate de insecte, fiind de asemenea importantă pentru îmbunătățirea biodiversității, protecția mediului, iar produsele directe și secundare obținute precum semințele oleaginoase, mierea gourmet, biomasa, biogazul, alimentele și hrana animală, medicamentele, etc. au valoare ridicată.

Planta cupă are un sistem de rădăcini larg răspândit în profunzime până la doi metri. Sistemul radicular prezintă un pivot central și rădăcini adventive fasciculate laterale, iar din anul al 2-lea formează și rizomilor superficiali.

*S. perfoliatum* este distinctivă în stare vegetativă și poate fi identificată prin tulpinile sale pătrate și bazele frunzelor puternic fuzionate (perfoliate), dar și în perioadele generative (de înflorire și fructificare) imediat ce plantele au crescut. Perechile de frunze de pe tulpină sunt concrescute bazal, în jurul tulpinii și pot reține apa în cupa formată. Inflorescențele sunt calatidii de formă rotundă cu fori tubulare în centru și altele dispuse radial pe margini.

#### 1.5. PARTICULARITĂȚI ALE TEHNOLOGIEI DE CULTIVARE LA *S. PERFOLIATUM*

*Silphium perfoliatum* L. este o specie erbacee perenă de tip fotosintetic C3, ce prezintă gamă largă de însușiri practice valoroase și care a fost și este cultivată ca plantă medicinală, meliferă, furajeră, ornamentală și pentru bioremedierea solurilor afectate de poluare.

Cultura de *S. perfoliatum* poate fi obținută prin semănat direct, în câmp sau prin producerea de răsad, dar există problema capacității reduse de germinare de aproximativ 20%.

#### 1.6. DOMENIILE DE UTILIZARE ALE PLANTELOR ȘI SUBPRODUSELOR OBȚINUTE DIN *S. PERFOLIATUM*

Biomasa verde de silphium este recoltată în principal pentru utilizarea energetică în instalații de biogaz[112]. Producția de biocombustibili din biomasă vegetală necesită cultivarea unor specii cu potențial ridicat de productivitate pe unitate de suprafață. Literatura de specialitate arată că valorile maxime de metan obținute în diferite instalații de producere a fost 4235 m<sup>3</sup>/ ha de silfium.

## II. CERCETĂRILE PROPRII

### CAPITOLUL 2. CERCETĂRI PRIVIND DINAMICA UNOR PARAMETRII FIZIOLOGICI IMPLICAȚI ÎN REALIZAREA BIOMASEI LA *S. PERFOLIATUM*

#### 2.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Principalul scop de cultivare pentru silphium este producerea de biomasă verde sau uscată, cu diferite utilizări.

Obiectivele secundare au urmărit: evaluarea impactului condițiilor de sol și climă asupra principalilor indici fiziologici implicați în realizare bioproductivității plantelor într-un ciclu experimental de 5 ani, determinarea dinamicii de formare a biomasei la plante de *S. perfoliatum* din anul 1 de cultivare (rozeta de frunze) până la atingerea potențialului bioproductiv în anul al 5-lea.

#### 2.2. MATERIALE ȘI METODE

Experimentul a fost realizat în câmpul didactic al SDE, USV Timișoara, în intervalul 2016-2020.

Tabelul 1.

Însușirile fizico-chimice ale solului din câmpul experimental  
Examenul fizico-chimic – raportat la sol uscat în aer

Cod probă		<i>S. perfoliatum</i>	Standard	Interpretare rezultat
Nr. laborator	UM	10220		
<b>Analiza granulometrică</b>				
Nisip grosier ( 2,0 - 0,2 mm)	%	2,3	STAS 7184/10-79- conform PS-04	luto- nisipos
Nisip fin ( 0,2 –0,02 mm )	%	55,5		
Praf ( 0,02 – 0,002 mm)	%	17,0		
Argila coloidală ( sub 0,002 mm )	%	25,2		

Argila fizica ( sub 0,01 mm )	%	34,4		
pH în apa, raport sol:apa 1:2,5	unit.pH	6,22 t=23,8°C	SR7184-13:2001- conform PS-03	slab acid
Humus	%	2,66	STAS 7184/21-82- conform PS-01	medie
Azot total	%	0,22	STAS 7184/2-85-conform PS-08	mică
Fosfor mobil în Al recalculat după pH	ppm	69,54	STAS 7184/21-82- conform PS-02	bună
Potasiu mobil în Al	ppm	140	STAS 7184/21-82- conform PS-06	bună
*Calciu solubil în apă	mg/100 g sol	28,06	STAS 7184/7-87- conform PL-06	bună
*Magneziu solubil în apă	mg/100 g sol	9,73		bună

### 2.3.DETERMINĂRI PRIVIND IMPACTUL CONDIȚIILOR PEDO-CLIMATICE ȘI A VÂRSTEI PLANTELOR ASUPRA SUPRAFEȚEI FOLIARE LA *SILPHIUM PERFOLIATUM* L.

Rezultatele experimentale obținute cu privire la dinamica suprafeței foliare a plantelor de *S. perfoliatum* (fig. 1), arată diferențe importante determinate de vârsta plantelor și condițiile climatice specifice anilor experimentali.

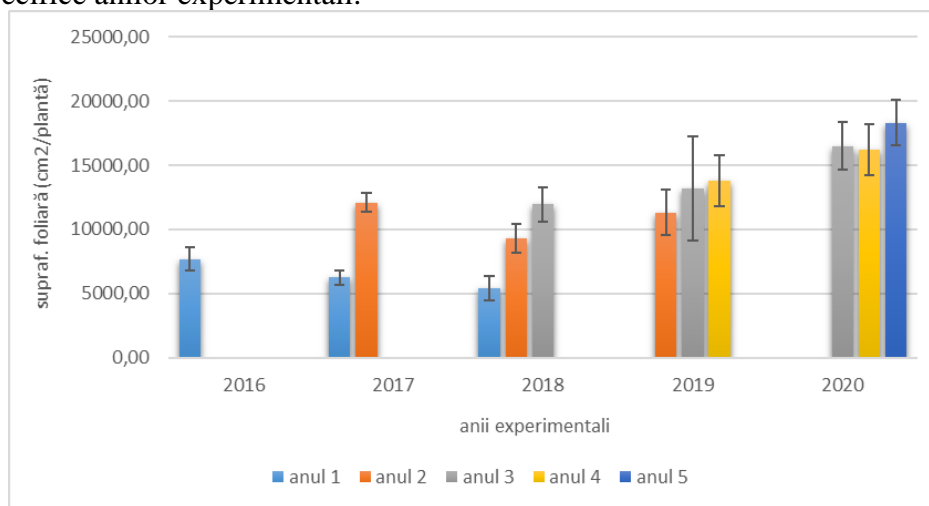


Fig. 1. Dinamica suprafeței foliare la plantele de *S. perfoliatum* în anii experimentali 2016-2020

Analiza datelor obținute privind dinamica indicelui suprafeței foliare la cultura de *S. perfoliatum* (fig. 2) pe parcursul a 5 ani experimentali arată că valorile acestuia sunt direct dependente de condițiile climatice specifice fiecărui an și de asemenea de vârsta plantelor.

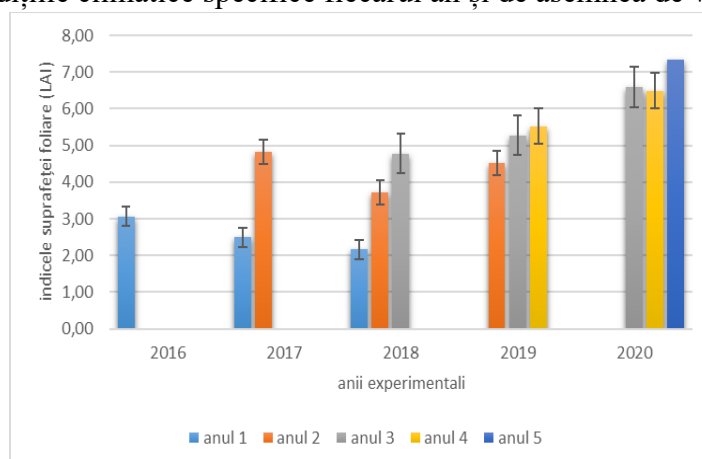


Fig. 2. Dinamica indicelui suprafeței foliare (LAI) exprimat în m<sup>2</sup> de suprafață foliară /m<sup>2</sup> de suprafață a solului (m<sup>2</sup>sf/m<sup>2</sup>sol) la cultura de *S. perfoliatum* în anii experimentali 2016-2020

### 2.4. DETERMINĂRI PRIVIND IMPACTUL CONDIȚIILOR PEDO-CLIMATICE ȘI A VÂRSTEI PLANTELOR ASUPRA DINAMICII CONȚINUTULUI DE CLOROFILĂ LA *SILPHIUM PERFOLIATUM* L.

Analiza datelor specifice anului experimental 2018, evidențiază o capacitate superioară de a acumula cantități importante de pigmenți clorofilieni pentru plantele din anul 1, care sunt preocupate cu precădere de formarea rozetei de frunze și a sistemului radicular (fig. 3).

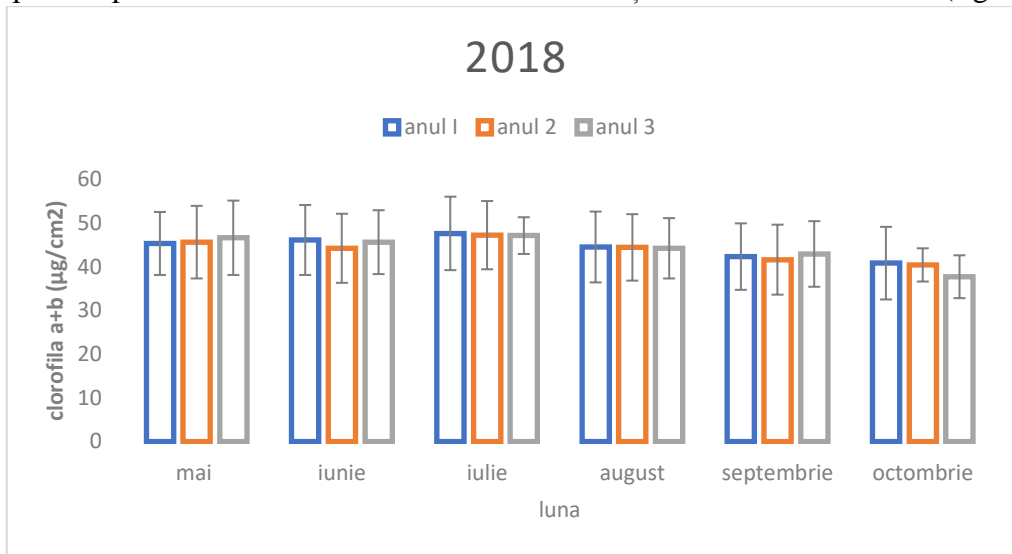


Fig. 3. Dinamica conținutului de pigmenți clorofilieni din aparatul foliar al plantelor de *S. perfoliatum* în anul 2018

Referitor la rezultatele obținute în anul experimental 2019, cu privire la dinamica acumulărilor de pigmenți clorofilieni din aparatul foliar al plantelor de *S. perfoliatum* (fig. 4) se poate observa că valorile acestui indice fiziologic sunt mai ridicate comparativ cu 2018.

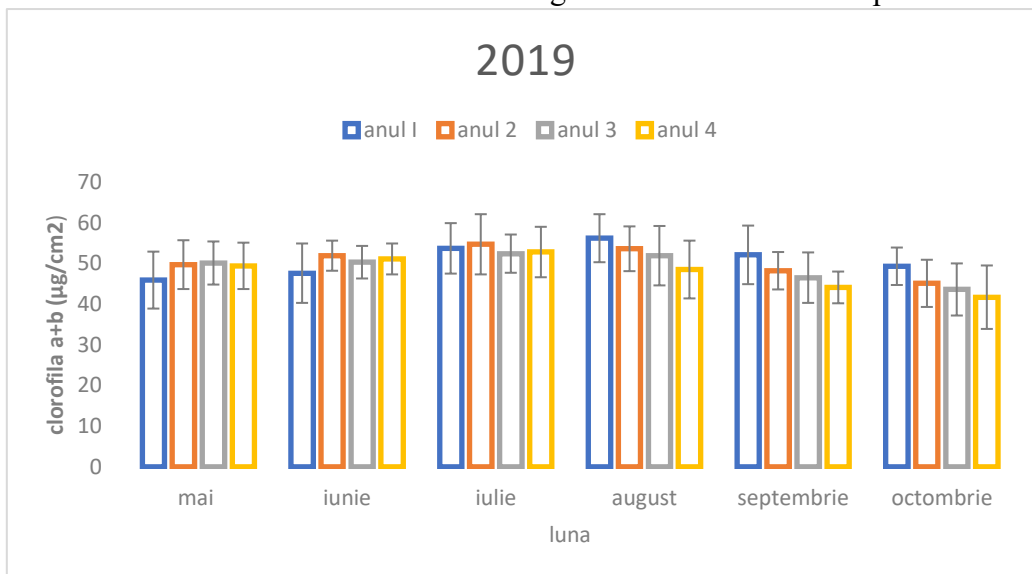


Fig. 4. Dinamica conținutului de pigmenți clorofilieni din aparatul foliar al plantelor de *S. perfoliatum* în anul 2019

Dealtfel, aceeași tendință s-a manifestat și în cazul anului experimental 2020 (fig.5.), acumularea pigmenților clorofilieni fiind specifică sfârșitului primăverii și începutului de vară, iar mai apoi, începând cu luna august, biosintezele clorofiliene au intrat în declin.

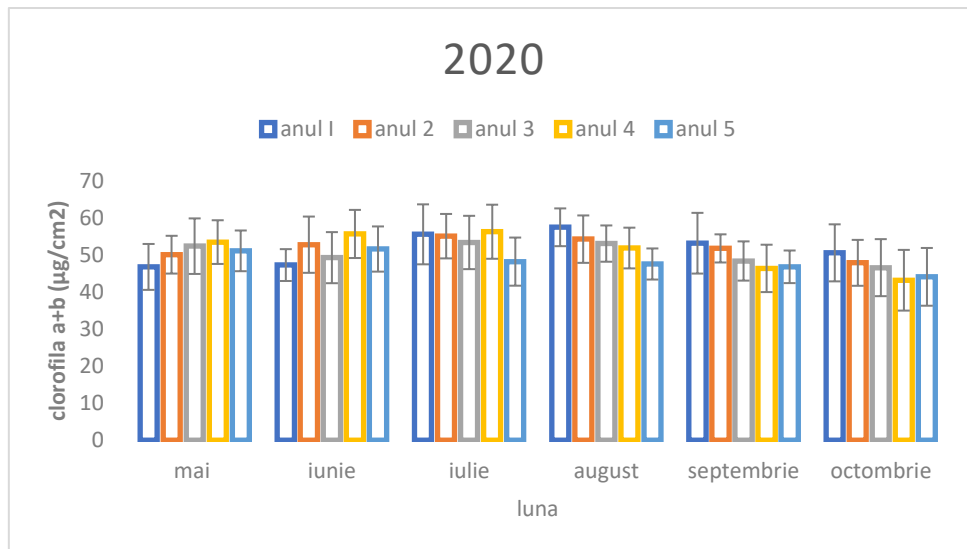


Fig. 5. Dinamica conținutului de pigmenți clorofilieni din aparatul foliar al plantelor de *S. perfoliatum* în anul 2020

## 2.5.DETERMINĂRI PRIVIND IMPACTUL CONDIȚIILOR PEDO-CLIMATICE ȘI A VÂRSTEI PLANTELOR ASUPRA NUMĂRULUI DE FRUNZE PE PLANTĂ *SILPHIUM PERFOLIATUM* .

Dinamica numărului de frunze pe plantă (fig.6), are oarecum același șablon ca și ce a a numărului de tulpini, influențată direct de condițiile de mediu și vârsta plantelor. Și în cazul acestui parametru se observă tendința de plafonare la plantele din anii 3, 4 și 5, stabilizându-se în jurul valorilor de 150-180 de frunze pe plantă, în corelație și cu numărul de tulpini.

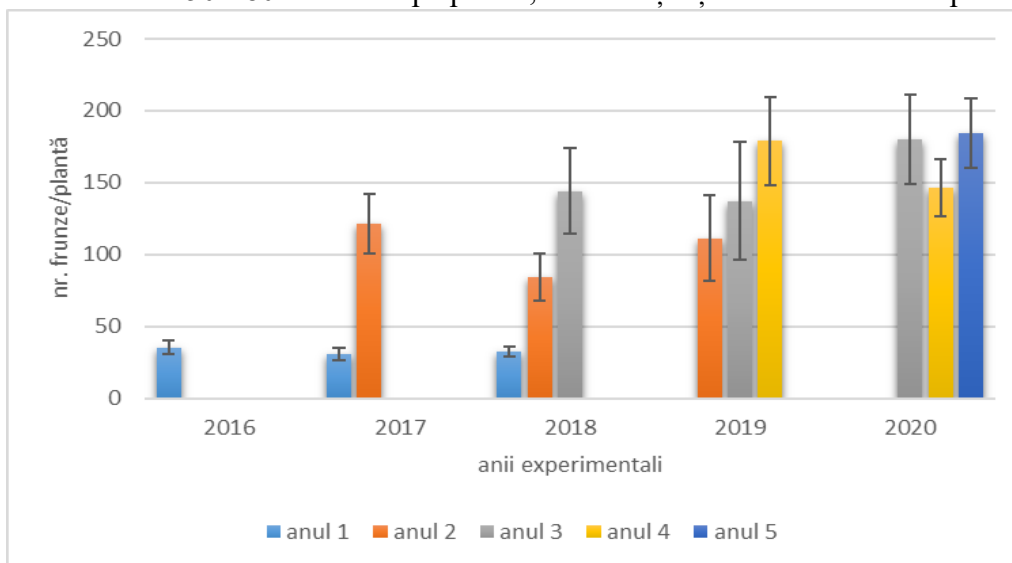


Fig. 6. Dinamica numărului de frunze pe plantă la cultura de *S. perfoliatum* în anii experimentali 2016-2020

Determinările privind dinamica acumulărilor de biomasă verde (prospătă) recoltată o singură dată în toamnă (octombrie) la plantele întregi de *S. pefoliatum* au arătat un ritm ridicat de sinteză și depozitare în special în anii 2019 și 2020 la plantele de anul 3 și 4 mai ales în rizomi și tulpini (fig. 7). Valorile maxime ale biomasei verzi au fost atinse la plantele din anul al 5-lea.

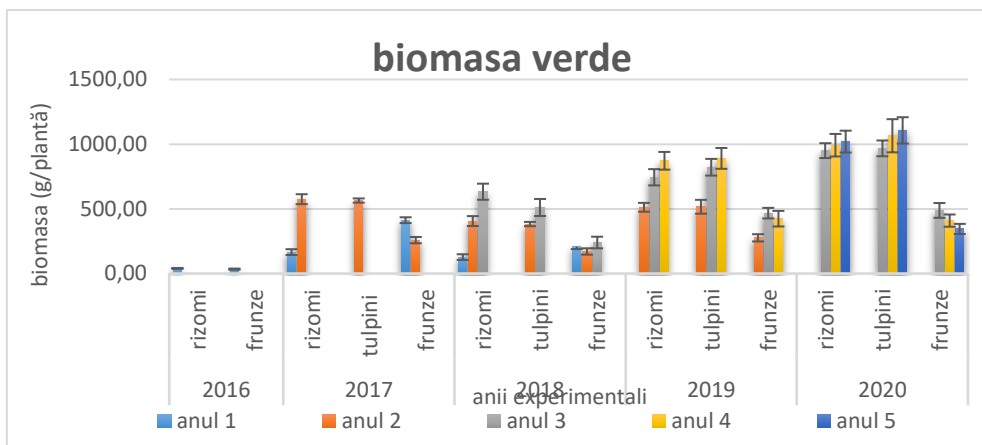


Fig. 7. Dinamica acumulărilor de biomasă verde în organele vegetative la cultura de *S. perfoliatum* în anii 2016-2020

## 2.6. CORELAȚII ȘI ECUAȚII DE REGRESIE ÎNTRE PARAMETRII FIZIOLOGICI ȘI BIOMASĂ

Corelația dintre biomasă uscată totală și suprafața foliară (fig. 8) este directă și pozitivă, astfel că biomasă uscată utilă acumulată pe fiecare plantă de *S. perfoliatum* la finalul creșterii vegetative atinge apogeul la valori ale suprafeței foliare în jur de 15.000- 17.000 de cm<sup>2</sup>/plantă, peste aceste valori ritmul de acumulare al biomasei are tendința de a se reduce.

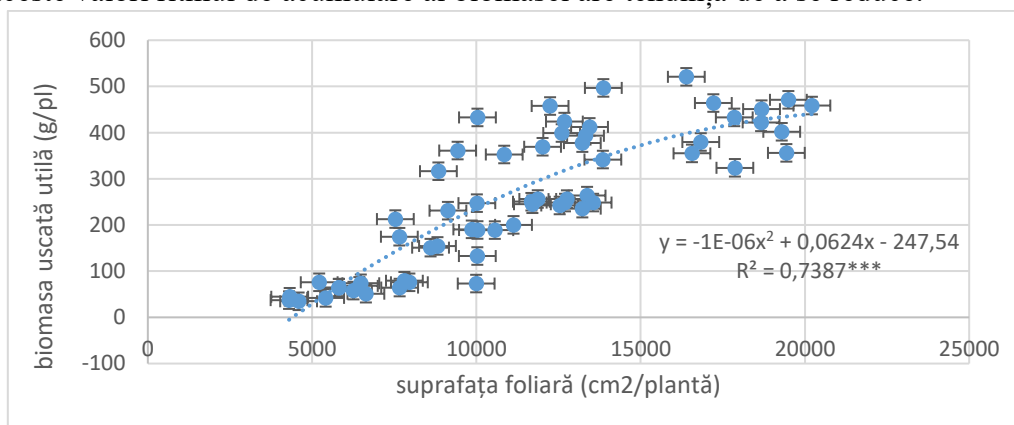


Fig. 8. Regresia dintre suprafața foliară și biomasă uscată utilă la plantele de *S. perfoliatum*

Din datele privind corelațiile dintre biomasă verde totală a plantelor și masa verde a frunzelor (fig. 9) se poate observa că primul caracter începe să crească în mod real doar după ce masa verde a frunzelor depășește valoarea de 100 g/plantă.

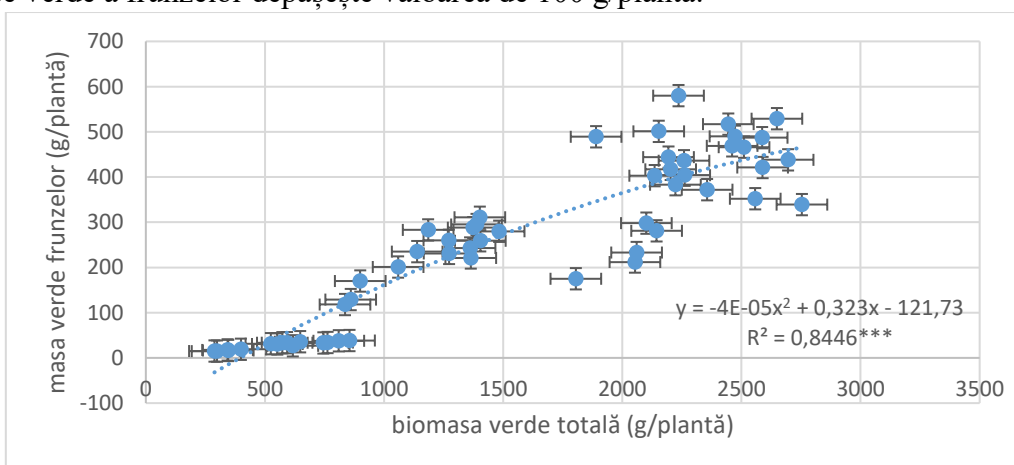


Fig. 9. Regresia dintre biomasă verde totală și masa verde a frunzelor la plantele de *S. perfoliatum*

### CAPITOLUL 3. DETERMINĂRI ASUPRA PRINCIPALILOR PARAMETRII FOTOSINTETICI LA *S. PERFOLIATUM*

#### 3.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Fotosinteza este procesul ce stă la baza acumulărilor de biomasă la plantele verzi, iar o mai bună înțelegere a mecanismelor biochimice și fiziologice ce guvernează acest proces este esențială. Obiectivul principal al cercetărilor a fost acele de a determina intensitatea fotosintezei și a componentelor acesteia la plantele din anul al 2- lea la *S. perfoliatum* în perioada de formare maximă a biomasei (6.1. BBCH).

Obiective secundare: determinări asupra intensității fotosintezei în condiții naturale, în experiențe de câmp, prin variații ale radiației fotosintetic active (PAR) și concentrație constantă de dioxid de carbon atmosferic ( $CO_2$ - atm), determinări asupra intensității fotosintezei în condiții naturale, în experiențe de câmp, prin variații ale concentrației de dioxid de carbon atmosferic ( $CO_2$ - atm) și variații ale radiației fotosintetic active (PAR), evaluarea impactului condițiilor de deficit hidric indus asupra intensității fotosintezei prin experiențe realizate în condiții controlate.

#### 3.2. MATERIALE ȘI METODE

Parametrii de fotosinteză analizați au fost:

Viteza de asimilație a  $CO_2$  ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), conductanța stomatală ( $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), concentrația de  $CO_2$  intracelular ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ) și intensitatea transpirației ( $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$ ).

Eficiența fotosintetică a schimbului de gaze a frunzelor a fost determinată folosind un sistem portabil GFS 3000 (Walz, Effeltrich, Germania). O frunză matură din zona mediană a tulpinii fiecărei plante a fost fixată în cuva de 8  $\text{cm}^2$ . Au fost efectuate măsurători concomitente pe 4 frunze apropiate ca mărime, vârstă și poziție în coronament, situate pe plante diferite.

#### 3.3. REZULTATE OBTINUTE PRIVIND DETERMINAREA PRINCIPALILOR PARAMETRII AI FOTOSINTEZEI LA PLANTE DE *SILPHIUM PERFOLIATUM* DE ANUL AL 2-LEA PRIN TESTĂRI ÎN CONDIȚII DE CÂMP

Determinările efectuate asupra plantelor de *S. perfoliatum* cultivate în câmp, în condițiile pedologice de la SDE Timișoara și în condiții climatice specifice intervalului 3-7 iunie 2019 (fenofaza 6.1.BBCH) arată o corelație puternică între intensitatea radiației fotosintetic active (*PAR-top*) induse la nivelul aparatului foliar și viteza de asimilație netă a  $CO_2$  (*A*) în condițiile unei concentrații constante de 400 ppm  $CO_2$  în aerul atmosferic (tabelul 2).

Tabelul 2

Valorile medii ale parametrilor fotosintetici din frunzele mature de *Silphium perfoliatum* în condiții de câmp în stadiul de înflorire (6.1. BBCH) prin inducerea creșterii valorilor *PAR-top* (0-1800  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) pe fondul  $CO_2$ - atm constant

<i>PAR top</i>	$CO_2$ -atm	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>ci</i>	$gsH_2O$
$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	ppm	( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	$\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$	ppm	$\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$
0	400	-2,55	1,78	420,77	147,55
50	400	1,18	1,35	372,52	105,65
200	400	6,77	1,56	300,58	120,86
400	400	10,20	1,55	246,94	117,68
500	400	12,73	1,92	240,84	145,92
600	400	16,29	2,49	244,33	194,60
800	400	20,33	3,23	252,69	265,72
1000	400	21,20	3,31	246,25	267,42
1500	400	26,25	3,19	257,97	392,36
1800	400	28,24	4,08	300,21	286,04

*PAR*- radiația fotosintetic activă, *A*-viteza de asimilație,  $CO_2$  – dioxidul de carbon din aer, *E*- intensitatea transpirației, *ci*- dioxidul de carbon intracelular,  $gsH_2O$ - conductanța stomatală

Analiza corelațiilor dintre variația concentrațiilor de  $CO_2$ -atm și viteza de asimilație (*A*), respectiv cantitatea de carbon intracelular (*ci*) arată că acestea sunt foarte semnificativ pozitive,

iar regresiile pătratiche exprimă realțiile dintre parametrii cu o precizie de 99,99 % (fig. 10 și 11).

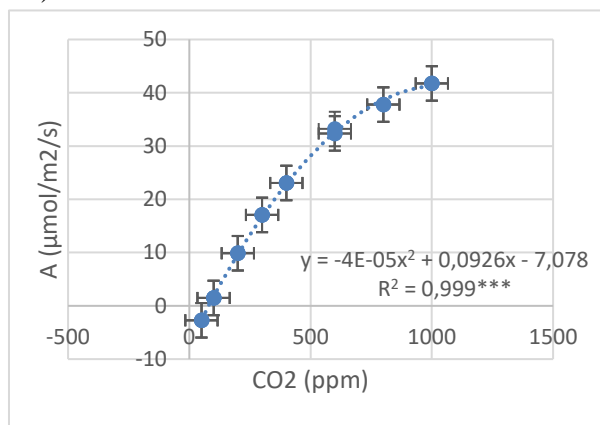


Fig. 10. Dinamica parametrilor fotosintezei dintre  $CO_2$  și  $A$  la plante de *S. perfoliatum* în câmp.

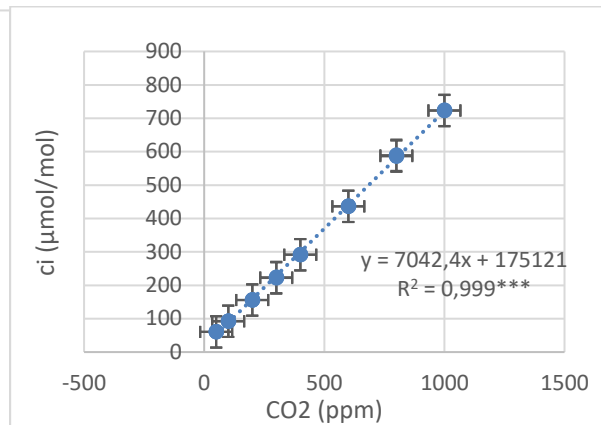
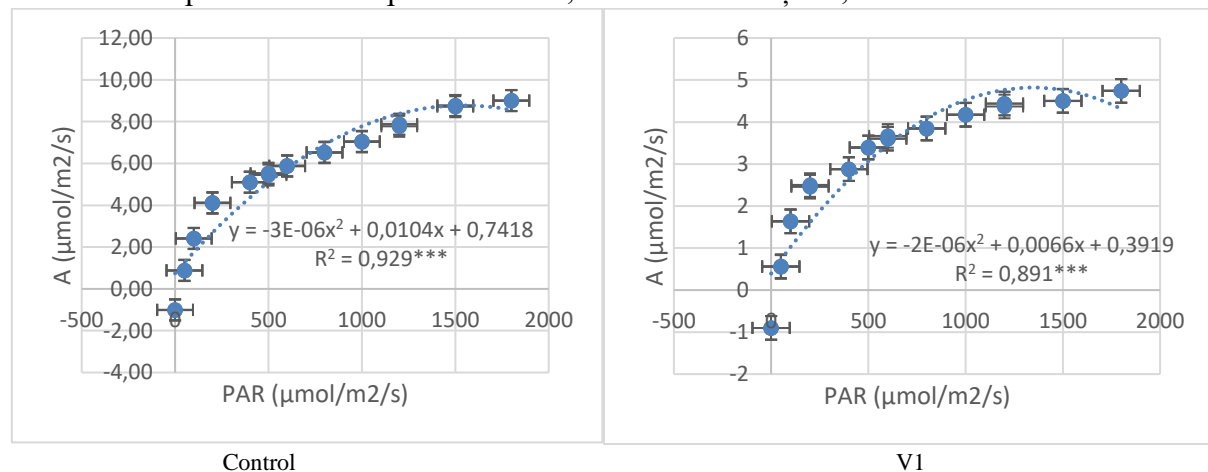


Fig. 11. Dinamica parametrilor fotosintezei dintre  $CO_2$  și  $ci$  la plante de *S. perfoliatum* în câmp.

### 3.4. REZULTATE EXPERIMENTALE PRIVIND IMPACTUL CONDIȚIILOR DE SECETĂ INDUSĂ ASUPRA PRINCIPALILOR PARAMETRII FOTOSINTETICI LA *SILPHIUM PERFOLIATUM*.

Viteza de asimilație ( $A$ ) prezintă o corelație pozitivă și foarte semnificativă cu intensitatea radiației fotosintetic active ( $PAR-top$ ) (fig.12). Regresia pătratică exprimă relația dintre cei doi parametri cu o precizie de 92,93 % la control și 89,14 % la secetă.

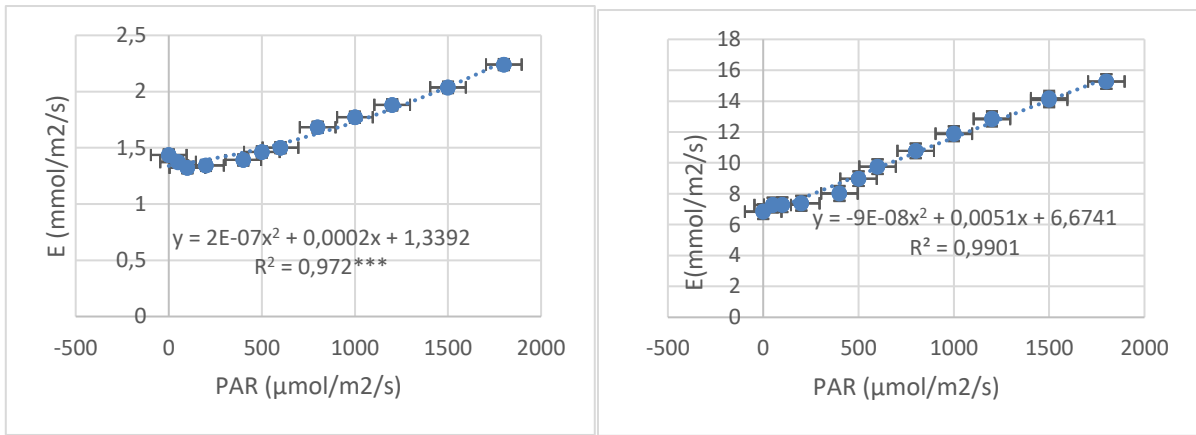


Control

V1

Fig. 12. Regresia dintre  $PAR$  și  $A$  la plante de *S. perfoliatum*

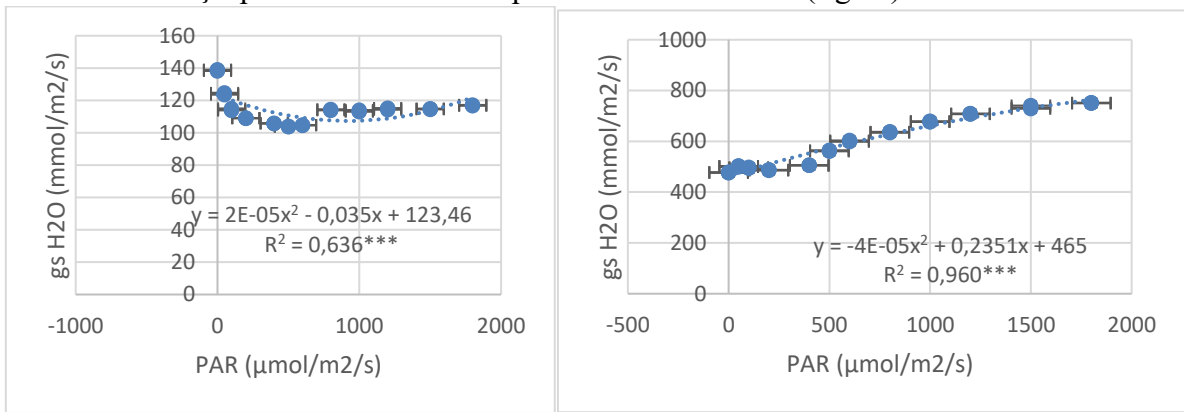
În ceea ce privește corelația dintre intensitatea  $PAR$  și  $E$  se poate observa că aceasta este la varianta control la început negativă, până la valoarea  $PAR$  de 200  $mmol/m^2/s$ , apoi devine pozitivă (fig. 13-control). În cazul variantei V1 tendința este inițial ușor crescătoare. Cu toate acestea regresia pătratică a celor doi factori a înregistrat valoarea de 97,28 % la control și 99,01 % la V1 (fig. 12).



Control V1

Fig. 13. Regresia dintre PAR și A la plante de *S. perfoliatum* (control-hidratare optimă; V1- secetă)

Conductanța stomatală ( $gsH_2O$ ) prezintă o corelație negativă cu intensitatea PAR în varianta control până în jurul valorii de  $600 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , în timp ce peste limita respectivă se observă o corelație pozitivă între cei doi parametri fotosintetici (fig.14).



Control V1

Fig. 14. Regresia dintre PAR și A la plante de *S. perfoliatum* (control-hidratare optimă; V1- secetă)

### 3.5. ANALIZA COMPARATIVĂ A IMPACTULUI CONDIȚIILOR DE SECETĂ INDUSĂ VERSUS HIDRATARE ASUPRA PRINCIPALILOR PARAMETRII FOTOSINTETICI LA FRUNZELE MATURE DE PE PLANTE DE *S. PERFOLIATUM* DIN ANUL AL 2-LEA.

Variația intensității PAR în condiții de secetă a determinat reducerea la 50 % a ratei A de la  $9,01$  la  $4,74 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , la intensitatea de  $18000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  PAR (fig.15).

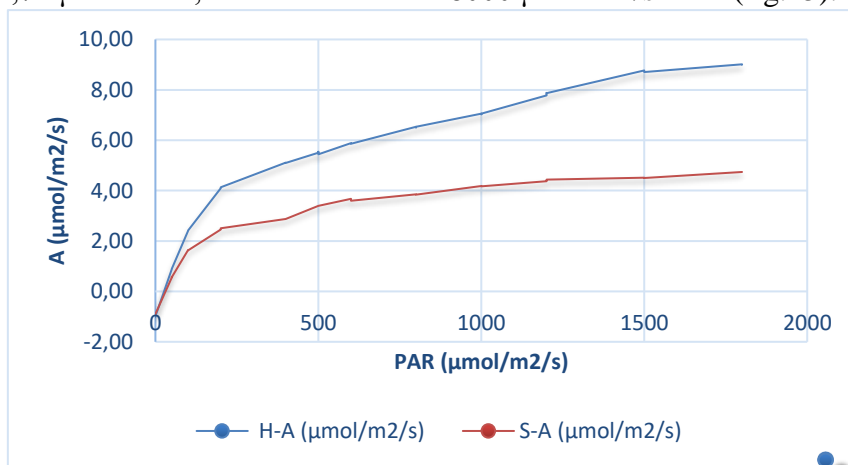


Fig. 15. Dinamica vitezei de asimilație (A) în varianta hidratată (H) și de deficit hidric (S) în condițiile creșterii intensității PAR

De cealaltă parte însă condițiile de secetă au determinat creșteri ale conductanței stomatale cuprinse între 476,16 mmol/m<sup>2</sup>/s în lipsa radiației fotosintetice active și 752,02 mmol/m<sup>2</sup>/s la intensități PAR de 1800 μmol/m<sup>2</sup>/s (fig. 16).

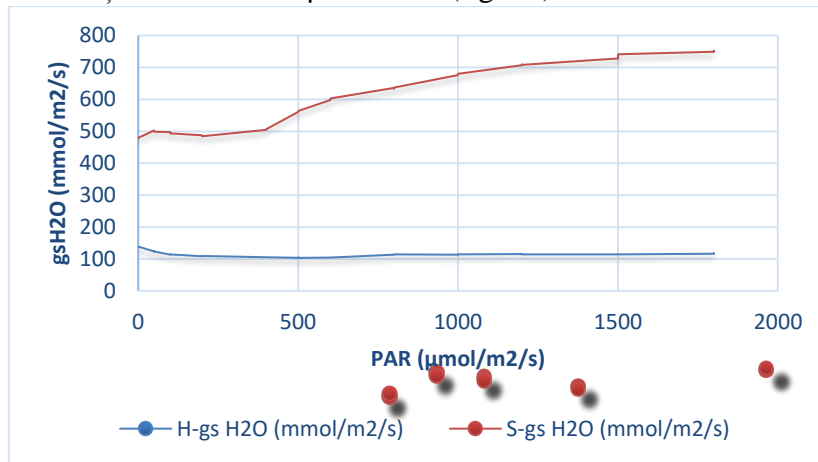


Fig. 16. Dinamica conductanței stomatale ( $gsH_2O$ ) în varianta hidratată (H) și de deficit hidric (S) în condițiile creșterii intensității PAR

### III. CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Din punct de vedere morfologic planta de *S. perfoliatum*, prezintă un sistem radicular profund format din rădăcini fasciculate și rizomi subterani, 10-12 tulpini viguroase, de obicei tetramuchiaste, ce ating înălțimi de 2,5-3,5 m, și un aparat foliar bogat, cu frunze dispuse altern pe tulpini, limb concrescut în porțiunea bazală (aspect de cupă).

Determinarea suprafeței foliare s-a realizat după o metodă proprie, specifică speciei *S. perfoliatum*, bazată pe corelații între diferiți parametrii morfologici ai frunzelor.

SLA și LAI sunt parametrii fiziologici ce derivă din suprafața foliară, reprezentând raportări ale suprafeței foliare la masa uscată a acesteia respectiv la unitatea de suprafață terestră.

Prin recoltarea producției o singură dată pe an, în octombrie, cantitatea de biomasă verde totală a variat între circa 20 t/ha la plantele din anul 1 de cultură la aproximativ 100 t/ha la plantele din anul al 5-lea de cultivare. În cazul recoltării în două cicluri anuale (iunie-iulie și octombrie- noiembrie) productivitatea biomasei verzi a fost de circa 10-15 t/ciclu la plantele din anii 2 și 3 și de 27-30 t/ciclu de recoltare la plantele din anul al 5-lea de cultivare.

### IV. ELEMENTE DE ORIGINALITATE

Obținerea unor rezultate experimentale cu caracter de unicitate și extrem de valoroase cu privire la impactul condițiilor climatice asupra parametrilor fiziologici implicați în realizarea producție de biomasă la *S. perfoliatum*.

Evaluarea capacității productive prin prisma determinării intensității fotosintezei, a transpirației, conductanței stomatele și a concentrației de CO<sub>2</sub> intracelular în condiții de hidratare normală și secetă pedologică asociată cu canicula la *S. perfoliatum*.

**University of Life Sciences “King Mihai I” from Timisoara**

**Doctoral School IRVA**



**Eng. JUCŞOR (BOLDEA) NOEMI-LARISA**

**SUMMARY**

# **PHD THESIS**

**STUDIES ON MORPHO-PHYSIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND  
BIOPRODUCTIVE POTENTIAL AT *Silphium perfoliatum* L**

**Scientific leader**

**Prof. Dr. ŞUMĂLAN RADU**

**Timișoara,**

**2024**

# Summary of the Doctoral Thesis

## A. Introduction

The primary objectives of this doctoral thesis are: morphological, physiological, and ecological characterization of the *Silphium* genus, with a focus on *Silphium perfoliatum*, evaluating the impact of soil and climatic conditions on key physiological indices linked to plant bioproductivity, developing a non-destructive, rapid, and accurate method for determining leaf surface area based on specific leaf parameters, assessing biomass formation dynamics and identifying correlations between analyzed physiological indices and biomass components, measuring photosynthesis intensity under field conditions with variations in photosynthetically active radiation (PAR) and atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, valuating the impact of induced water deficit on photosynthesis intensity through controlled experiments.

The thesis is structured into three chapters: The current state of knowledge on the history, biology, and applications of the *Silphium* genus, with specific reference to *Silphium perfoliatum*. Research findings on the dynamics of physiological parameters contributing to biomass production in *S. perfoliatum* and results of investigations into the primary photosynthetic parameters of *S. perfoliatum*.

## B. Content of the Doctoral Thesis

### Chapter 1. Current Knowledge on the Importance and Applications of *Silphium* Species

#### 1.1. History of Cultivation and Uses of *Silphium* Species

The prehistoric domestication of various plants occurred through conscious and unconscious selection, facilitated by early human populations' seed dispersal practices for short-term survival.

The perennial nature of *Silphium* plants enables agricultural exploitation in diverse soil conditions, often linked to natural pastures and wild ecosystems. *Silphium perfoliatum* exhibits high ecological adaptability, bioproductivity potential, and tolerance to biotic and abiotic stress factors.

#### 1.2. Origin and Diversity of the *Silphium* Genus

*Silphium* L., part of the Asteraceae family (order Asterales), includes perennial species native to prairies, open forests, and shrublands in the eastern and central United States and Canada.

The genus comprises 33 species divided into five sections (*composita*, *dentata*, *integrifolia*, *laciniata*, and *perfoliata*), based on leaf, stem, and capitulum morphology.

#### 1.3. Scientific Classification and Varietal Diversity

According to the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), *S. perfoliatum* is taxonomically classified as follows: Family: Asteraceae, Genus: *Silphium* L.

The species is cultivated experimentally in countries such as Germany, France, Hungary, Romania, China, and the United States, though not extensively. All *Silphium* species are diploid ( $2C = 16.6\text{--}16.9$ ). Known species include *Silphium albiflorum*, *S. compositum*, *S. integrifolium*, *S. laciniatum*, and others.

#### 1.4. Morphological Characteristics of *Silphium perfoliatum*

*S. perfoliatum* is attractive to pollinators and beneficial for biodiversity improvement. Its products, such as oilseeds, gourmet honey, biomass, biogas, food, animal feed, and medicinal compounds, have significant value.

This species has a deep root system (up to two meters), with a central taproot and lateral adventitious roots. Rhizomes form in the second year. The plant is distinctive for its square stems and perfoliate leaf bases, which form water-retaining “cups.” The flower heads are round, with tubular central flowers and radial peripheral ones.

#### 1.5. Cultivation Technology

*S. perfoliatum* L., a perennial herbaceous C3 species, has multiple practical uses. It is cultivated as a medicinal, melliferous, fodder, ornamental, and bioremediation plant.

The culture of *S. perfoliatum* can be obtained by direct sowing, in the field or by the production of seedlings, but there are problems with reduced germination capacity of about 20%.

#### 1.6. Areas of use of plants and by-products obtained from *s. perfoliatum*

Green silphium biomass is mainly harvested for energy use in biogas plants[112]. The production of biofuels from plant biomass requires the cultivation of species with high productivity potential per unit area. The specialized literature shows that the maximum methane values obtained in different production facilities was 4235 m<sup>3</sup>/ha of silphium.

### II. OWN RESEARCH

#### CHAPTER 2. RESEARCH ON THE DYNAMICS OF SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS INVOLVED IN BIOMASS PRODUCTION IN *S. PERFOLIATUM*

##### 2.1. PURPOSE AND OBJECTIVES

The main cultivation purpose for silphium is the production of green or dry biomass with various uses. The secondary objectives aimed at: evaluating the impact of soil and climate conditions on the main physiological indices involved in achieving plant bioproductivity in an experimental cycle of 5 years, determining the dynamics of biomass formation in *S. perfoliatum* plants from the 1st year of cultivation (the rosette of leaves) until reaching the bioproductive potential in the 5th year.

##### 2.2. MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out in the didactic field of SDE, USV Timișoara, in the period 2016-2020.

*Physico-chemical properties of the soil in the experimental field*

*Physico-chemical examination – relative to air-dried soil*

Cod probă		<i>S. perfoliatum</i>	Standard	Interpretare rezultat
Nr. laborator	UM	10220		
<b>Analiza granulometrică</b>				
Nisip grosier ( 2,0 - 0,2 mm)	%	2,3	STAS 7184/10-79- conform PS-04	luto- nisipos
Nisip fin ( 0,2 –0,02 mm )	%	55,5		
Praf ( 0,02 – 0,002 mm)	%	17,0		
Argila coloidala ( sub 0,002 mm )	%	25,2		

Argila fizica ( sub 0,01 mm )	%	34,4		
pH în apa, raport sol:apa 1:2,5	unit.pH	6,22 t=23,8°C	SR7184-13:2001- conform PS-03	slab acid
Humus	%	2,66	STAS 7184/21-82- conform PS-01	medie
Azot total	%	0,22	STAS 7184/2-85-conform PS-08	mică
Fosfor mobil în Al recalculat după pH	ppm	69,54	STAS 7184/21-82- conform PS-02	bună
Potasiu mobil în Al	ppm	140	STAS 7184/21-82- conform PS-06	bună
*Calciu solubil în apă	mg/100 g sol	28,06	STAS 7184/7-87- conform PL-06	bună
*Magneziu solubil în apă	mg/100 g sol	9,73		bună

### 2.3. DETERMINATIONS REGARDING THE IMPACT OF PEDO-CLIMATIC CONDITIONS AND PLANT AGE ON THE LEAF SURFACE OF *SILPHIUM PERFOLIATUM* L.

The experimental results obtained regarding the dynamics of the foliar surface of *S. perfoliatum* plants (fig. 1), show important differences determined by the age of the plants and the climatic conditions specific to the experimental years.

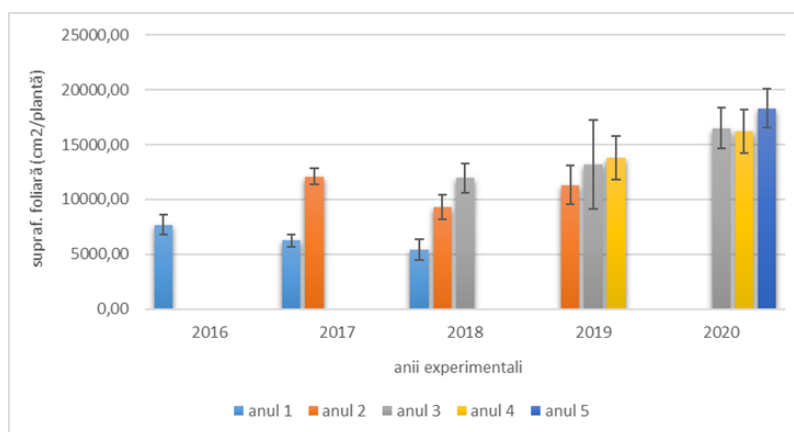


Fig. 1. Dynamics of the leaf surface in *S. perfoliatum* plants in the experimental years 2016-2020

The analysis of the data obtained regarding the dynamics of the leaf surface index in the culture of *S. perfoliatum* (fig. 2) during 5 experimental years shows that its values are directly dependent on the specific climatic conditions of each year and also on the age of the plants.

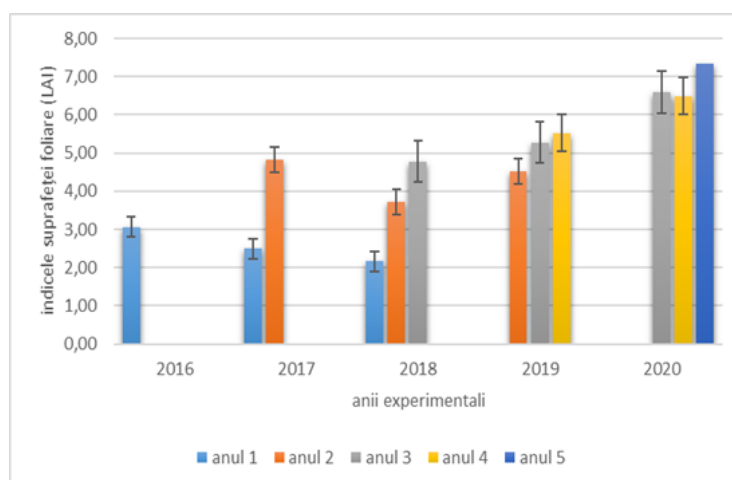


Fig. 2. Dynamics of the leaf area index (LAI) expressed in m<sup>2</sup> of leaf surface /m<sup>2</sup> of soil surface (m<sup>2</sup>sf/m<sup>2</sup>sol) in the culture of *S. perfoliatum* in the experimental years 2016-2020

#### 2.4. DETERMINATIONS REGARDING THE IMPACT OF PEDO-CLIMATIC CONDITIONS AND PLANT AGE ON THE DYNAMICS OF CHLOROPHYLL CONTENT IN *SILPHIUM PERFOLIATUM*

The analysis of the data specific to the experimental year 2018, highlights a superior capacity to accumulate important amounts of chlorophyll pigments for the plants of the 1st year, which are mainly concerned with the formation of the rosette of leaves and the root system (fig. 3).

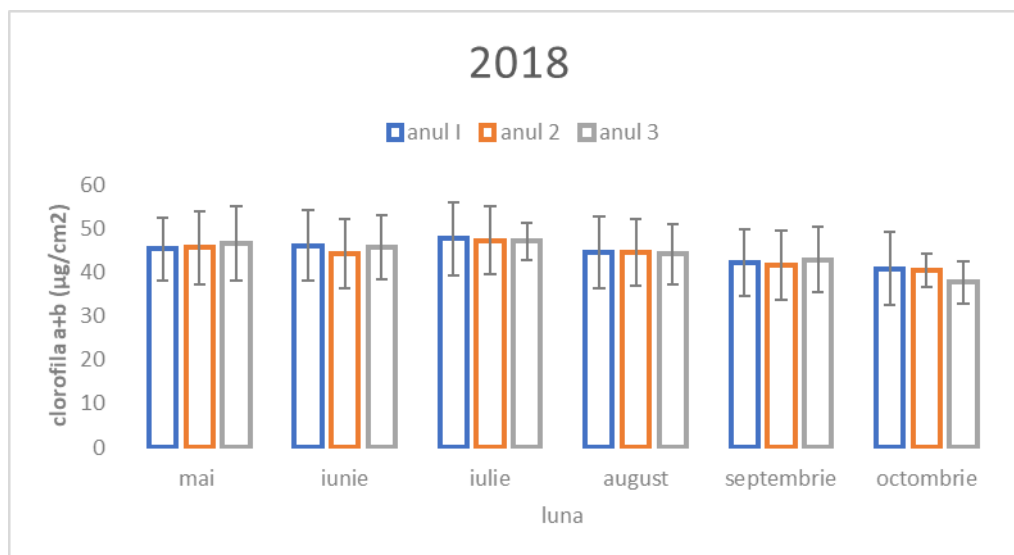


Fig. 3. Dynamics of the content of chlorophyll pigments in the leaf apparatus of *S. perfoliatum* plants in 2018

Regarding the results obtained in the experimental year 2019, regarding the dynamics of the accumulation of chlorophyll pigments in the leaf apparatus of *S. perfoliatum* plants (fig. 4), it can be observed that the values of this physiological index are higher compared to 2018.

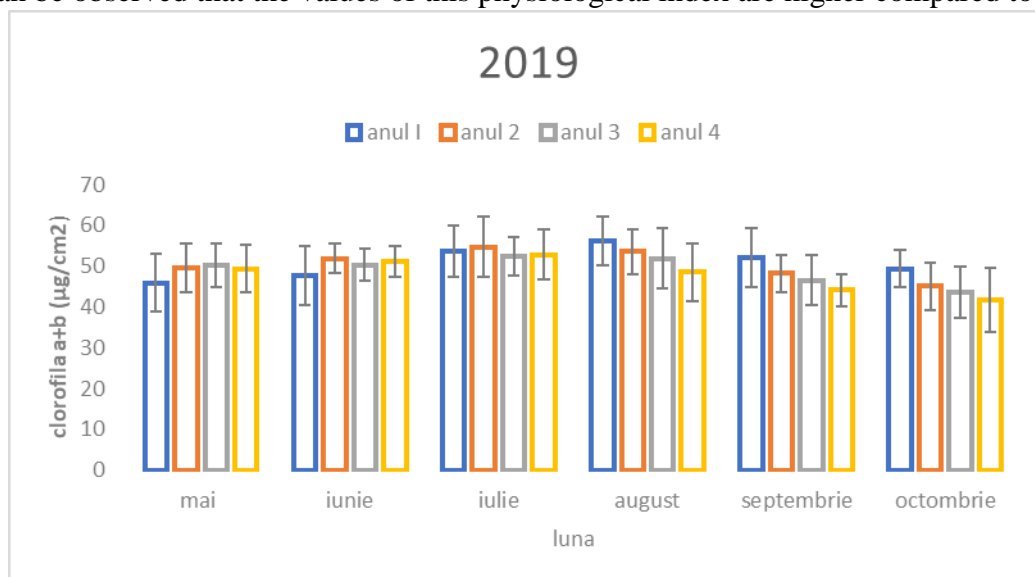


Fig. 4. Dynamics of the content of chlorophyll pigments in the leaf apparatus of *S. perfoliatum* plants in 2019

By the way, the same trend was also manifested in the case of the experimental year 2020 (fig. 5.), the accumulation of chlorophyll pigments being specific to the end of spring and the beginning of summer, and then, starting from August, chlorophyll biosyntheses went into decline.

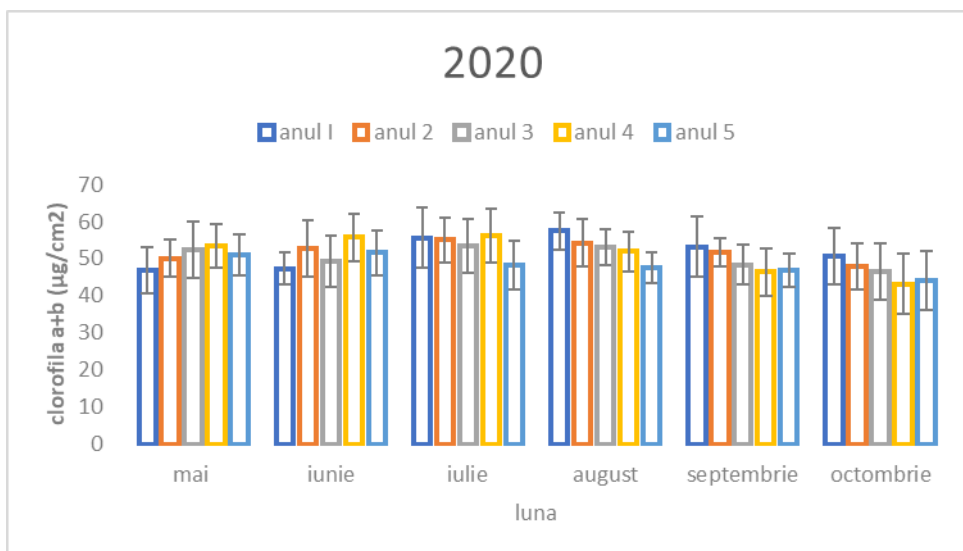


Fig. 5. Dynamics of the content of chlorophyll pigments in the leaf apparatus of *S. perfoliatum* plants in 2020

#### 2.5. DETERMINATIONS REGARDING THE IMPACT OF PEDO-CLIMATIC CONDITIONS AND PLANT AGE ON THE NUMBER OF LEAVES PER *SILPHIUM PERFOLIATUM* PLANT.

The dynamics of the number of leaves per plant (fig. 6) has somewhat the same pattern as that of the number of stems, directly influenced by the environmental conditions and the age of the plants. And in the case of this parameter, a capping tendency can be observed in the plants of the 3rd, 4th and 5th years, stabilizing around the values of 150-180 leaves per plant, also in correlation with the number of stems.

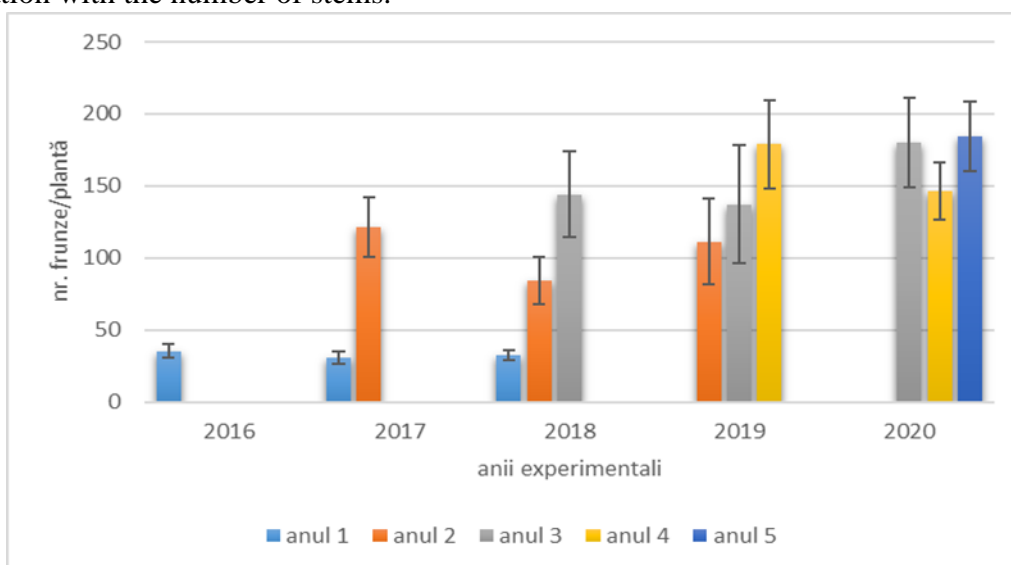


Fig. 6. Dynamics of the number of leaves per plant in the culture of *S. perfoliatum* in the years 2016-2020

Determinations of the dynamics of green (fresh) biomass accumulations harvested once in autumn (October) in whole plants of *S. perfoliatum* showed a high rate of synthesis and storage especially in the years 2019 and 2020 in plants of the 3rd and 4th year of May chosen in rhizomes and stems (fig. 7). The maximum values of the green biomass were reached in the plants of the 5th year.

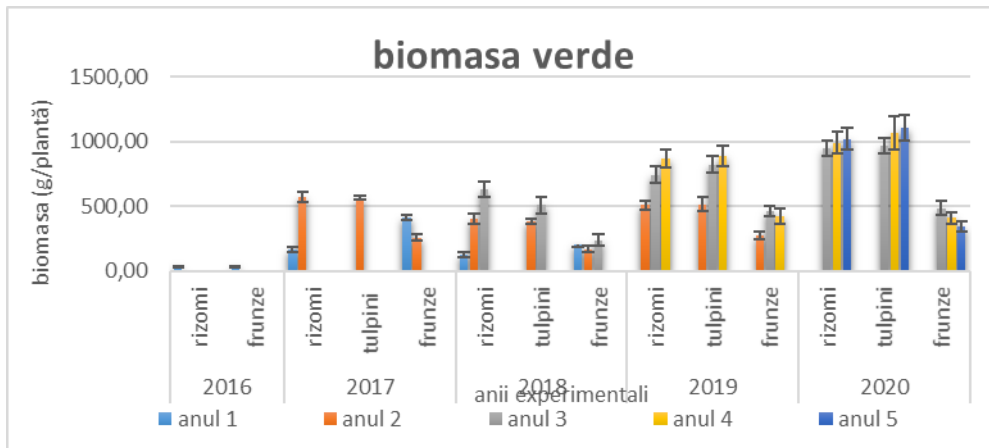


Fig. 7. The dynamics of green biomass accumulations in the vegetative organs of the *S. perfoliatum* culture in 2016-2020

## 2.6. CORRELATIONS AND REGRESSION EQUATIONS BETWEEN PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND BIOMASS

The correlation between total dry biomass and leaf surface (fig. 8) is direct and positive, so that the useful dry biomass accumulated on each *S. perfoliatum* plant at the end of vegetative growth reaches its peak at leaf surface values of around 15,000-17,000 cm<sup>2</sup> /plant, above these values the biomass accumulation rate tends to decrease.

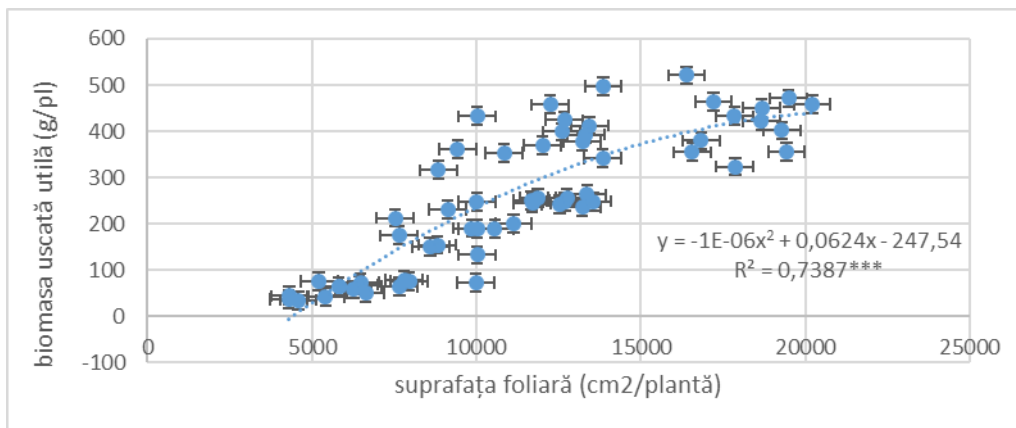


Fig. 8. Regression between leaf area and useful dry biomass in *S. perfoliatum* plants

From the data on the correlations between the total green biomass of the plants and the green mass of the leaves (fig. 9) it can be observed that the first character starts to increase in a real way only after the green mass of the leaves exceeds the value of 100 g/plant.

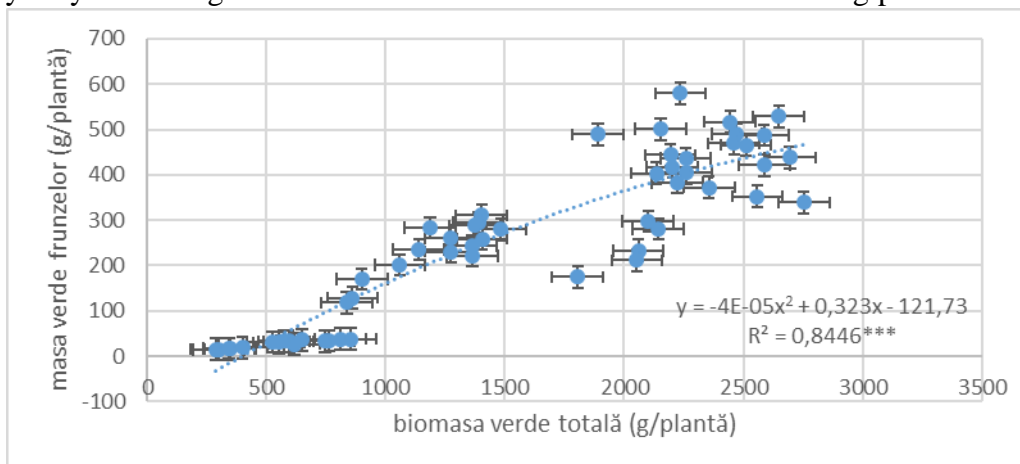


Fig. 9. Regression between total green biomass and green leaf mass in *S. perfoliatum* plants

CHAPTER 3. DETERMINATIONS ON THE MAIN PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS IN *S. PERFOLIATUM*

3.1. SCOP ȘI OBIECTIVE

Photosynthesis is the process underlying biomass accumulation in green plants, and a better understanding of the biochemical and physiological mechanisms governing this process is essential. The main objective of the research was to determine the intensity of photosynthesis and its components in plants from the 2nd year of *S. perfoliatum* during the period of maximum biomass formation (6.1. BBCH).

Secondary objectives: determinations on the intensity of photosynthesis in natural conditions, in field experiments, through variations of the photosynthetically active radiation (PAR) and constant concentration of atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>-atm), determinations on the intensity of photosynthesis in natural conditions, in experiments of field, through variations in atmospheric carbon dioxide concentration (CO<sub>2</sub>-atm) and variations in photosynthetically active radiation (PAR), evaluating the impact of induced water deficit conditions on the intensity of photosynthesis through experiments performed under controlled conditions.

3.2. MATERIALS AND METHODS

The photosynthesis parameters analyzed were:

CO<sub>2</sub> assimilation rate (μmol/m<sup>2</sup>/s), stomatal conductance (mmol/m<sup>2</sup>/s), intracellular CO<sub>2</sub> concentration (μmol/mol) and transpiration intensity (mmol/m<sup>2</sup>/s).

The photosynthetic efficiency of leaf gas exchange was determined using a GFS 3000 portable system (Walz, Effeltrich, Germany). A mature leaf from the mid-stem area of each plant was fixed in an 8 cm<sup>2</sup> dish. Simultaneous measurements were made on 4 leaves close in size, age and crown position, located on different plants.

3.3. RESULTS OBTAINED REGARDING THE DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF PHOTOSYNTHESIS IN 2ND YEAR *SILPHIUM PERFOLIATUM* PLANTS THROUGH TESTS IN FIELD CONDITIONS

The determinations carried out on *S. perfoliatum* plants grown in the field, in the pedological conditions at SDE Timișoara and in specific climatic conditions of the interval June 3-7, 2019 (phenophase 6.1.BBCH) show a strong correlation between the intensity of photosynthetically active radiation (PAR-top) induced at the level of the leaf apparatus and the rate of net assimilation of CO<sub>2</sub> (A) under the conditions of a constant concentration of 400 ppm CO<sub>2</sub> in the air atmospheric (table 2).

Table 2

Average values of photosynthetic parameters in mature leaves of *Silphium perfoliatum* under field conditions in the flowering stage (6.1. BBCH) by inducing an increase in PAR-top values (0-1800 μmol/m<sup>2</sup>/s) on the background of constant CO<sub>2</sub>- atm

PAR top	CO <sub>2</sub> -atm	A	E	ci	gsH <sub>2</sub> O
μmol/m <sup>2</sup> /s	ppm	(μmol/m <sup>2</sup> /s)	mmol/m <sup>2</sup> /s	ppm	mmol/m <sup>2</sup> /s
0	400	-2,55	1,78	420,77	147,55
50	400	1,18	1,35	372,52	105,65
200	400	6,77	1,56	300,58	120,86
400	400	10,20	1,55	246,94	117,68
500	400	12,73	1,92	240,84	145,92
600	400	16,29	2,49	244,33	194,60
800	400	20,33	3,23	252,69	265,72
1000	400	21,20	3,31	246,25	267,42
1500	400	26,25	3,19	257,97	392,36
1800	400	28,24	4,08	300,21	286,04

PAR- photosynthetically active radiation, A- rate of assimilation, CO<sub>2</sub> – carbon dioxide from the air, E- transpiration intensity, ci- intracellular carbon dioxide, gsH<sub>2</sub>O- stomatal conductance

The analysis of the correlations between the variation of CO<sub>2</sub>-atm concentrations and the rate of assimilation (A), respectively the amount of intracellular carbon (ci) shows that they are very significantly positive, and the quadratic regressions express the realities between the parameters with a precision of 99.99% (fig. . 10 and 11).

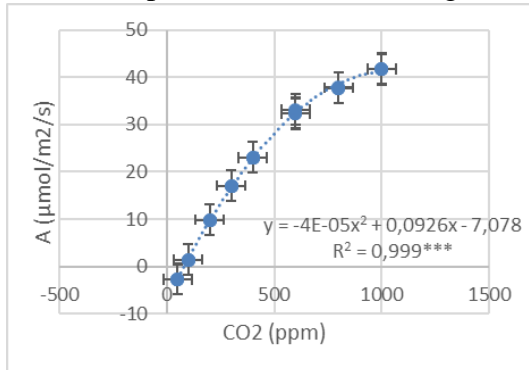


Fig. 10. Dynamics of photosynthesis parameters between CO<sub>2</sub> and A in *S. perfoliatum* plants in the field.

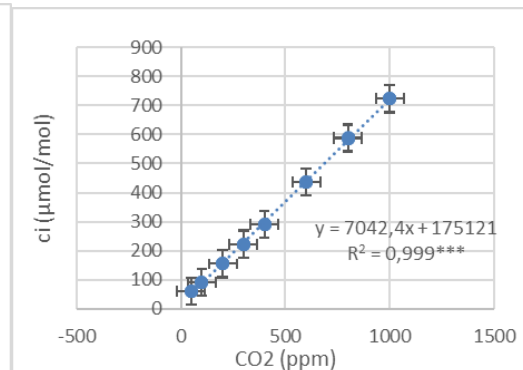


Fig. 11. Dynamics of photosynthesis parameters between CO<sub>2</sub> and ci in *S. perfoliatum* plants in the field.

### 3.4. EXPERIMENTAL RESULTS ON THE IMPACT OF INDUCED DROUGHT CONDITIONS ON THE MAIN PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS IN *SILPHIUM PERFOLIATUM*.

The assimilation speed (A) shows a positive and very significant correlation with the intensity of photosynthetically active radiation (PAR-top) (fig.12). The quadratic regression expresses the relationship between the two parameters with an accuracy of 92.93% in control and 89.14% in drought.

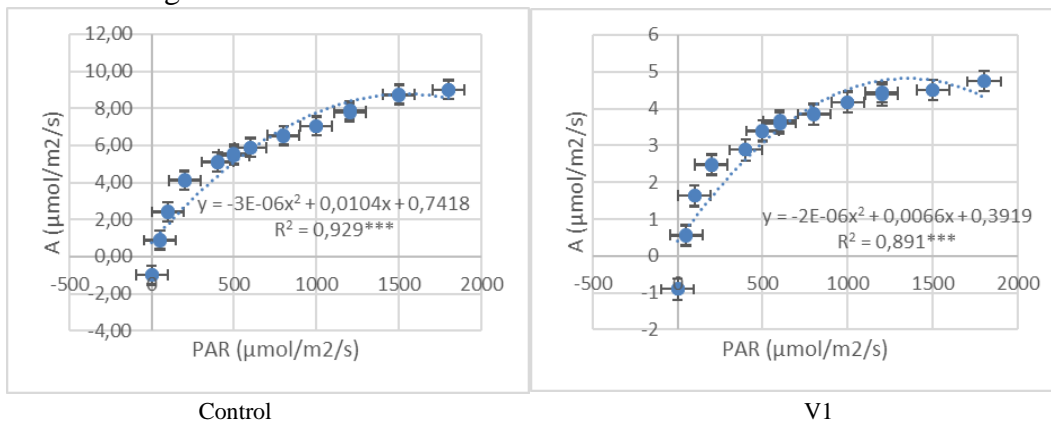
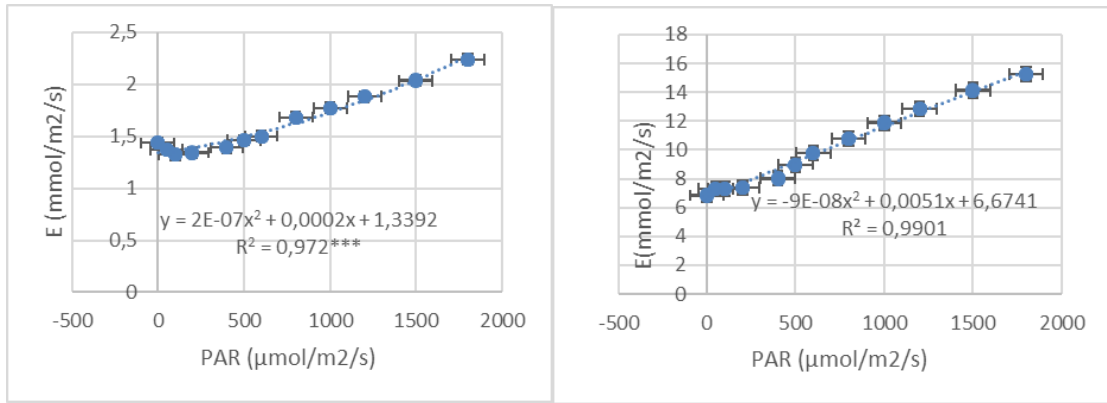


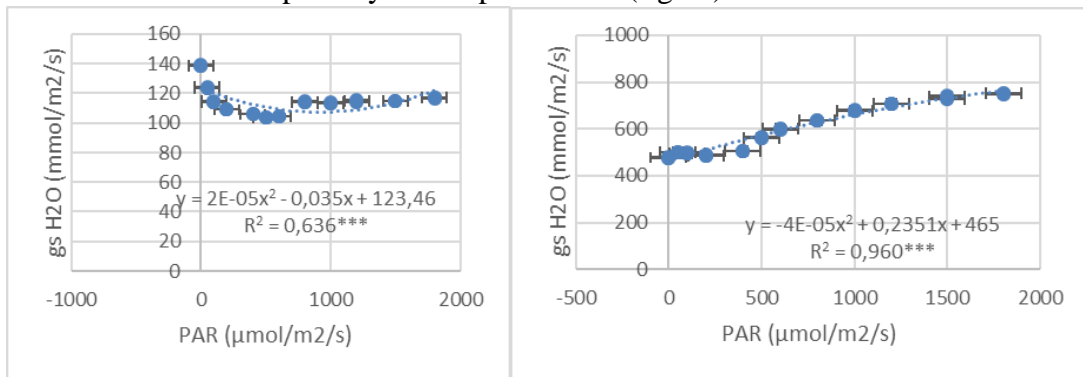
Fig. 12. Regression between PAR and A in *S. perfoliatum* plants

Regarding the correlation between PAR intensity and E, it can be seen that in the control version it is initially negative, up to the PAR value of 200 mmol/m<sup>2</sup>/s, then becomes positive (fig. 13-control). In the case of the V1 variant, the trend is initially slightly increasing. However, the quadratic regression of the two factors recorded the value of 97.28% for control and 99.01% for V1 (fig. 12).



Control V1  
 Fig. 13. Regression between PAR and A in *S. perfoliatum* plants  
 (control-optimal hydration; V1- drought)

The stomatal conductance ( $gs_{H_2O}$ ) shows a negative correlation with the PAR intensity in the control variant up to around 600  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , while above that limit a positive correlation is observed between the two photosynthetic parameters (fig.14).



Control V1  
 Fig. 14. Regression between PAR and A in *S. perfoliatum* plants  
 (control-optimal hydration; V1- drought)

### 3.5. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF INDUCED DROUGHT CONDITIONS VERSUS HYDRATION ON THE MAIN PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS IN MATURE LEAVES OF 2ND YEAR *S. PERFOLIATUM* PLANTS.

The variation of the PAR intensity in drought conditions determined the reduction to 50% of the A rate from 9.01 to 4.74  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , at the intensity of 18000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  PAR (fig.15).

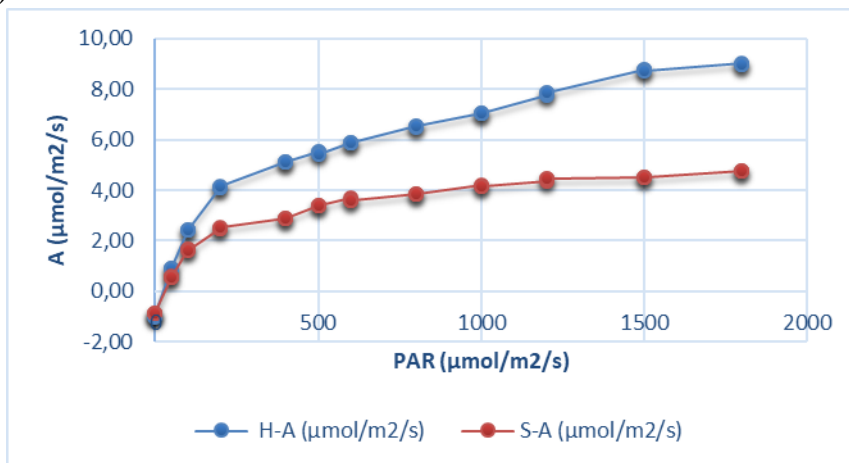


Fig. 15. Dynamics of the assimilation speed (A) in the hydrated (H) and water deficit (S) variant under conditions of increased PAR intensity

On the other hand, drought conditions determined increases in stomatal conductance between 476.16 mmol/m<sup>2</sup>/s in the absence of photosynthetically active radiation and 752.02 mmol/m<sup>2</sup>/s at PAR intensities of 1800 μmol/m<sup>2</sup>/s (fig. 16).

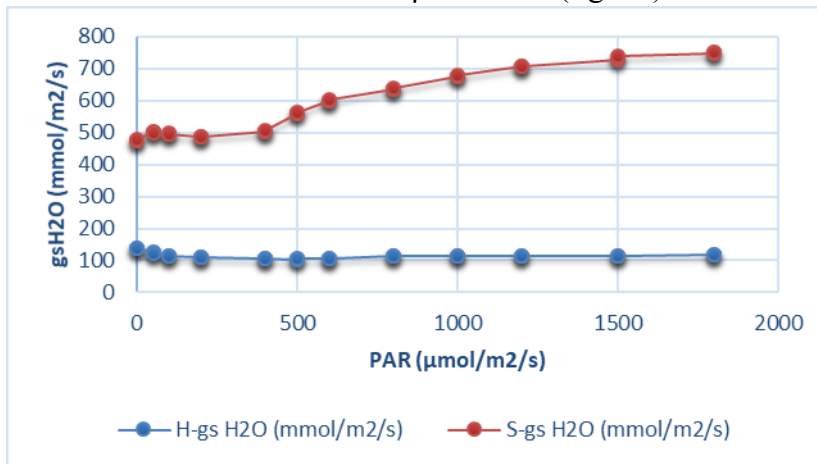


Fig. 16. Dynamics of stomatal conductance (gsH<sub>2</sub>O) in the hydrated (H) and water-deficit (S) variant under conditions of increased PAR intensity

### III. GENERAL CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

From a morphological point of view, the *S. perfoliatum* plant has a deep root system consisting of fasciculated roots and underground rhizomes, 10-12 vigorous stems, usually four-sided, reaching heights of 2.5-3.5 m, and an apparatus rich foliage, with leaves arranged alternately on the stems, lip concretized in the basal portion (cup-like appearance).

The determination of the leaf surface was carried out according to a proprietary method, specific to the *S. perfoliatum* species, based on correlations between different morphological parameters of the leaves.

The determination of the leaf surface was carried out according to a proprietary method, specific to the *S. perfoliatum* species, based on correlations between different morphological parameters of the leaves.

SLA and LAI are the physiological parameters derived from the leaf surface, representing ratios of the leaf surface to its dry mass, respectively to the land surface unit.

By harvesting the production only once a year, in October, the amount of total green biomass varied from about 20 t/ha in plants from the 1st year of cultivation to about 100 t/ha in plants from the 5th year of cultivation. In the case of harvesting in two annual cycles (June-July and October-November) the productivity of green biomass was about 10-15 t/cycle for plants from years 2 and 3 and 27-30 t/harvest cycle for plants from the 5th of cultivation.

#### IV. ELEMENTS OF ORIGINALITY

Obtaining unique and extremely valuable experimental results regarding the impact of climatic conditions on the physiological parameters involved in achieving biomass production in *S. perfoliatum*.

Evaluation of productive capacity through the determination of photosynthesis intensity, transpiration, stomatal conductance and intracellular CO<sub>2</sub> concentration under conditions of normal hydration and pedological drought associated with canicula in *S. perfoliatum*.

