

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI

FACULTATEA DE BIOLOGIE

ȘCOALA DOCTORALĂ DE BIOLOGIE

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

PROFESOR DR. EMERIT

MARIA-MAGDALENA ZAMFIRACHE

Student-doctorand:

ALEXANDRA-ROXANA SAVA

IAȘI

2026

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI
FACULTATEA DE BIOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE BIOLOGIE

**CERCETĂRI MICROMORFOLOGICE, HISTO-
ANATOMICE ȘI FIZIOLOGICE COMPARATIVE LA
SPECII ALE GENULUI *ECHIMUM*, FAMILIA
BORAGINACEAE, DIN ROMÂNIA**

Conducător de doctorat:

PROFESOR DR. EMERIT

MARIA-MAGDALENA ZAMFIRACHE

Student-doctorand:

ALEXANDRA-ROXANA SAVA

IAȘI

2026

CUPRINS

INTRODUCERE	1
PARTEA I – CONSIDERAȚII TEORETICE	3
CAPITOLUL I: CARACTERIZAREA SPECIILOR.....	3
I.1. Generalități privind genul <i>Echium</i> L.	3
I.2. Informații generale asupra speciilor din genul <i>Echium</i> L. din flora României.....	4
I.2.1. <i>Echium italicum</i> L. (<i>E. altissimum</i> Jacq.)	4
I.2.2. <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. (<i>E. maculatum</i> L., <i>E. rubrum</i> Jacq., non Forssk., <i>Pontechium maculatum</i> Böhle & Hilger)	5
I.2.3. <i>Echium vulgare</i> L.....	8
I.2.4. Încadrare fitosociologică.....	9
I.2.5. Tipuri de habitate Natura2000 în care au fost menționate specii ale genului <i>Echium</i> L.	9
I.3. Distribuția speciilor genului <i>Echium</i> L. în România.....	10
I.3.1. <i>Echium italicum</i> L.....	10
I.3.2. <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel.	10
I.3.3. <i>Echium vulgare</i> L.....	10
CAPITOLUL II. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU	11
II.1. Scurt istoric al cercetărilor morfo-anatomice și micromorfologice	11

II.2.Utilizari în medicina tradițională a speciilor genului <i>Echium</i> L.....	12
II.3. Compoziția chimică a speciilor genului <i>Echium</i> L.....	13
II.3.1. Compoziția chimică la <i>Echium italicum</i> L.....	14
II.3.2. Compoziția chimică la <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel.	15
<i>PARTEA a II-a – CERCETĂRI PERSONALE</i>	16
CAPITOLUL III. MATERIAL BIOLOGIC ȘI METODE DE LUCRU	16
III.1. Material vegetal	16
III.2. Metode și tehnici de cercetare	19
III.2.1. Distribuția speciilor spontane din genul <i>Echium</i> L. în România	19
III.2.2. Analiza factorilor de mediu din zonele de recoltare	19
III.2.3. Obținerea extractelor apoase și alcoolice	19
III.2.4. Determinări micromorfologice și histo-anatomice.....	20
III.2.5. Determinări ale unor indicatori biochimici și fiziologici	20
III.2.5.1. Determinarea conținutului de apă și de substanță uscată	20
III.2.5.2. Determinarea conținutului de pigmenți asimilatori	20
III.2.5.3.Determinarea conținutului total de polifenoli	21
III.2.5.4. Determinarea conținutului total de flavonoide	22
III.2.5.5. Determinarea activității antioxidante.....	22
III.2.6. Teste de imbibitiție, germinație și creștere în condiții experimentale	23
III.2.6.1. Testarea germinației semințelor supuse analizei SEM ..	23

III.2.6.2. Testarea efectului unui biostimulator asupra imbibiției, germinației și creșterii la <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel.	23
III.2.6.3. Testarea efectului unor metale grele asupra imbibiției și germinației la <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel..	25
III.2.6.4. Testarea efectului alelopativ al extractelor apoase de <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium italicum</i> L. asupra unor specii test.	25
III.2.7. Analiza statistică	26
CAPITOLUL IV: REZULTATE ȘI DISCUȚII	27
IV.1. Distribuția speciilor spontane din genul <i>Echium</i> L. în România...	27
IV.2. Analiza factorilor de mediu	28
IV.2.1. Analiza factorilor climatici	28
IV.2.2. Analiza tipului de sol	30
IV. 3. Particularități micromorfologice și histo-anatomice ale organelor vegetative și de reproducere la unele specii ale genului <i>Echium</i> L.	31
IV. 3.1. Micromorfologia suprafețelor organelor aeriene la specii ale genului <i>Echium</i> L.	31
IV.3.1.1. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la <i>Echium vulgare</i> L.– Repedea-Bârnova	32
IV.3.1.2. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la <i>Echium vulgare</i> L. fasciat – Valea lui David	44
IV.3.1.3. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la <i>Echium italicum</i> L.- Agigea	45
IV. 3.2. Variabilitatea caracterelor micromorfologice ale organelor vegetative aeriene la <i>Echium vulgare</i> L. în diferite habitate din nord-estul României.....	52

IV.3.2.1. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la <i>Echium vulgare</i> L. (punct de recoltare Suceava, Suceava).....	52
IV.3.2.2. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la <i>Echium vulgare</i> L. (puncte de recoltare: Bacău)	59
IV.3.2.3. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la <i>Echium vulgare</i> L. (puncte de recoltare: Borca, Neamț)	59
IV.3.2.4. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la <i>Echium vulgare</i> L. (puncte de recoltare: Băiceni, Botoșani)	59
IV.3.2.5. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la <i>Echium vulgare</i> L. (puncte de recoltare: Valea lui David, Iași)	59
IV. 3.3. Micromorfologia suprafețelor nuculelor de <i>Echium vulgare</i> L., <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. și <i>Echium italicum</i> L. cu elemente de diferențiere taxonomică.....	63
IV. 3.4. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium italicum</i> L.....	64
IV.3.4.1. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la <i>Echium vulgare</i> L.	65
IV.3.4.2. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la <i>Echium vulgare</i> L. fasciat.....	77
IV.3.4.3. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la <i>Echium italicum</i> L.	78
IV. 3.5. Variabilitate histo-anatomică <i>Echium vulgare</i> L. în diferite habitate din nord-estul României	83
IV.3.5.1. Variabilitatea histo-anatomică a rădăcinii la <i>Echium vulgare</i> L. în diferite habitate din nord-estul României.....	84

IV.3.5.2. Variabilitatea histo-anatomică a tulpinii la <i>Echium vulgare</i> L. în diferite habitate din nord-estul României.....	86
IV.3.5.3. Variabilitatea histo-anatomică a frunzei la <i>Echium vulgare</i> L. în diferite habitate din nord-estul României.....	86
IV.4. Variații ale unor indicatori biochimici și fiziologici la plante aparținând speciilor <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium italicum</i> L. recoltate din flora spontană.....	87
IV.4.1. Conținutul de pigmenți asimilatori foliari	87
IV.4.1.1. Raportul între conținutul de clorofilă a și conținutul de clorofilă b și raportul între conținutul total de clorofilă și conținutul total de pigmenți carotenoidici	90
IV.4.2. Conținutul de apă și de substanță uscată	91
IV.4.2.1. Conținutul de apă și de substanță uscată din limbul foliar	91
IV.4.2.2. Conținutul de apă și de substanță uscată din tulpină	91
IV.4.3. Conținutul total de polifenoli, de flavonoide și activitatea antioxidantă a extractului alcoolic obținut din partea aeriană înflorită a plantelor de <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium italicum</i> L. recoltate din flora spontană	91
IV.5. Teste de imbibiție, germinație și creștere în condiții experimentale	92
IV.5.1. Testarea germinației nuculelor (semințelor) de <i>Echium vulgare</i> L., <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium russicum</i> J.F. Gmel. după examinarea materialului biologic preparat (metalizare cu aur) pentru observații prin tehnica de microscopie electronică de baleiaj (SEM)	92

IV.5.2. Testarea efectului biostimulatorului Atonik asupra imbibiției și germinației semințelor, precum și a creșterii plantulelor de <i>Echium russicum</i> J.F. Gmel.	93
IV.5.2.1. Imbibiția semințelor	93
IV.5.2.2. Procentajul de răsărire și de supraviețuire al plantulelor rezultate prin procesul de germinație.....	94
IV.5.2.3. Parametri de creștere la plantule.....	95
IV.5.3. Efecte ale unor metale grele asupra imbibiției și germinației semințelor aparținând speciilor <i>Echium vulgare</i> L. și <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. în condiții experimentale	96
IV.5.3.1. Imbibiția semințelor aparținând speciilor <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. și <i>Echium vulgare</i> L. cu soluții de sulfat de cupru realizată în condiții experimentale.....	96
IV.5.3.2 Imbibiția semințelor aparținând speciilor <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. și <i>Echium vulgare</i> L. cu soluții de sulfat de zinc realizată în condiții experimentale	96
IV.5.3.3. Germinația semințelor aparținând speciilor <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. și <i>Echium vulgare</i> L. în soluții de sulfat de cupru aplicate experimental.....	96
IV.5.3.4. Germinația semințelor aparținând speciilor <i>Echium russicum</i> J.F.Gmel. și <i>Echium vulgare</i> L. în soluții de sulfat de zinc aplicate experimental.....	100
IV.5.3.4.1. Procentajul de germinație	100
IV.5.4. Potențialul alelopatic a extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium vulgare</i> L.	

recoltate din flora spontană asupra germinației semințelor și creșterii plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test	103
IV.5.4.1. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium vulgare</i> L. recoltate din flora spontană asupra germinației semințelor unor specii de plante dicotiledonate test.....	103
IV.5.4.2. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium vulgare</i> L. recoltate din flora spontană asupra creșterii plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test.....	103
IV.5.4.3. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium vulgare</i> L. recoltate din flora spontană asupra conținutului de pigmenți asimilatori al plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test.....	106
IV.5.4.4. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de <i>Echium italicum</i> L. și <i>Echium vulgare</i> L. recoltate din flora spontană asupra unor indicatori biochimici ai plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test	107
CONCLUZII.....	108
DISEMINAREA REZULTATELOR OBȚINUTE	112
Publicații:	112
1.1. Articole științifice publicate în extenso în jurnale incluse în baze de date internaționale (BDI) •	112
1.2. Lucrări publicate în rezumat la conferințe	112
Participări la manifestări științifice:	113
Conferințe naționale	113

Conferințe internaționale.....	113
BIBLIOGRAFIE SELECTIVA.....	114

INTRODUCERE

Familia Boraginaceae cuprinde 154 de genuri conform POWO (2026) și peste 2000 de specii răspândite peste tot în lume (Shinde și Gupte, 2023). În flora României sunt prezente 21 de genuri (Gușleac, 1960; Sârbu și colab., 2013), ce cuprind specii erbacee, rareori subarbuști, cu frunze alterne, simple, nestipelate, acoperite cu peri aspri (Ciocârlan, 2009).

Unele genuri ale acestei familii (*Anchusa*, *Borago*, *Cerinth*, *Echium*, *Pulmonaria*, *Symphytum* etc) includ taxoni cunoscuți pentru utilizările lor medicinale.

Genul *Echium* cuprinde 68 de taxoni răspândiți (nativi sau introduși) în Europa, Asia de Vest, Asia Mică, Africa de Nord și de Sud, Macaronesia, America și Australia (POWO, 2026).

În flora spontană a României, genul *Echium* este reprezentat de trei specii bienale sau uneori perene: *Echium russicum* J. F. Gmel. (capul șarpelui), *Echium vulgare* L. (iarba șarpelui) și *Echium italicum* L. (coada vacii) (Grințescu, 1960; Beldie, 1979; Sârbu și colab., 2013). Aceste specii prezintă potențial melifer (Chwil și Weryszko-Chmielewska, 2007; Weryszko-Chmielewska și Chwil, 2008; Ion și colab., 2008), medicinal (Drăgulescu, 1992; Eruyur, 2012; Taravati și colab., 2014; Bošković și colab., 2017; 2021; Chrzanowska și colab. 2024) și ornamental (Vidirașcu și Mititiuc, 2001). Dintre cele trei specii prezente în flora României, *Echium russicum* J.F. Gmel este o specie de interes comunitar, prezentă în anexa II a Directivei Habitare sub codul 4047 (Directiva Consiliului 92/43/EEC din 21 Mai 1992 privind conservarea habitatelor naturale și a faunei și florei sălbatice). Aceasta este prezentă în aproximativ 130 situri Natura 2000, dintre care aproximativ 45 de situri sunt localizate pe teritoriul României.

În literatura de specialitate există multe studii efectuate de autori străini referitoare la aspecte de fitochimie și activități farmacologice. O serie de studii au evidențiat faptul că cele trei specii ale genului *Echium* (*Echium italicum* L., *Echium russicum* J. F. Gmel și *Echium vulgare* L.) conțin o gamă variată de compuși bioactivi

(acizi grași, steroli, terpenoide, flavonoide, taninuri, acizi fenolici, uleiuri esențiale, naftochinone) și prezintă diferite activități biologice (antioxidant, antimicrobial, anti-inflamator, analgesic, antidiabetic, anxiolitic, citotoxic) (Özcan, 2008; Nićiforović și colab., 2010; Eruygur, 2012; Eruygur și colab., 2016, Dresler și colab., 2017; Eruygur, 2018; Jin și colab., 2020; Bošković și colab., 2017, 2021, 2022).

În urma consultării literaturii de specialitate s-a constatat că speciile genului *Echium* luate în studiu (*Echium italicum*, *Echium russicum*, *Echium vulgare*) sunt foarte puțin cercetate din punct de vedere histo-anatomic și fiziologic atât pe plan internațional, cât și național. Acest aspect subliniază gradul de originalitate a acestei lucrări de doctorat. Astfel, studiul de față prezintă următorul scop și următoarele obiective:

Scopul studiului este de a contribui, cu date noi de ordin micromorfologic, histo-anatomic, biochimic și fiziologic la completarea informațiilor științifice comunicate în literatura de specialitate privind biologia speciilor genului *Echium* L. existente în flora României.

Obiectivele prezentei teze sunt:

- O.1. Identificarea distribuției celor trei specii spontane din genul *Echium* prezente în flora României.
- O.2. Analiza caracterelor micromorfologice ale suprafeței organelor vegetative și de reproducere ale plantelor aparținând unor specii ale genului *Echium* L. avute în atenție.
- O.3. Analiza caracterelor histo-anatomice ale organelor vegetative ale plantelor aparținând unor specii ale genului *Echium* L. avute în atenție.
- O.4. Determinarea unor parametri biochimici și fiziologici la plante aparținând unor specii ale genului *Echium* L. avute în atenție.
- O.5. Studiarea procesului de germinație a nuculelor și de creștere a plantulelor speciilor genului *Echium* L. luate în studiu în condiții experimentale.
- O.6. Cercetarea potențialului alelopativ a extractelor vegetale apoase obținute din părți aeriene ale plantelor aparținând

unor specii ale genului *Echium* recoltate din flora spontană asupra unor specii de plante dicotiledonate test.

PARTEA I – CONSIDERAȚII TEORETICE

CAPITOLUL I: CARACTERIZAREA SPECIILOR

I.1. Generalități privind genul Echium L.

Genul *Echium* L. aparține familiei **Boraginaceae**. Denumirea provine de la cuvântul grecesc *echion* („șarpe”), datorită corolei ce seamănă cu gura deschisă a unui șarpe (Grințescu, 1960). Cuprinde plante erbacee sau subfrutescente (bianuale, rar anuale), acoperite cu peri rigizi și aspri, florile sunt zigomorfe (pe tipul 5), cu corolă bilabiată de culori variate (albastru, roșu-închis, galben sau alb) și 5 stamine. Fructul este o nukulă ovoid-trigonă, erectă și rugoasă (Grințescu, 1960; Gibbs, 1972).

Genul cuprinde 68 de taxoni (POWO, 2026) răspândiți în Europa, Asia de Vest, Asia Mică, Africa (Nord și Sud) și Macaronesia (Romeiras și colab., 2007; POWO, 2026) (**Fig. 1.1.1.**). Un număr de 44 de taxoni endemici — dintre care 26 în Insulele Canare, alături de alții în Maroc (5), Madeira (3), Cape Verde (3), Corsica, Sardinia, Spania, Algeria, Iran, Turcia și Siria (Mozaffarian, 1994; Bacchetta și colab., 2000, Romeiras și colab., 2007; Carvalho și colab., 2010; Delage, 2018).

Speciile *Echium plantagineum* și *Echium vulgare* sunt considerate invazive pe două continente, în Africa și în Australia (Zhu și colab., 2017).

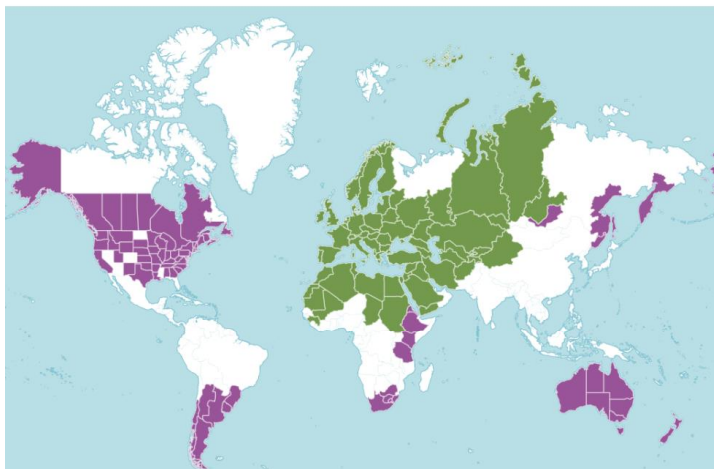


Fig. 1.1.1. Distribuția taxonilor de *Echium* L.: la nivel global. Verde: specii native, Mov: specii introduse (hartă POWO, 10/01/2026)

1.2. Informații generale asupra speciilor din genul *Echium* L. din flora României

Genul *Echium* este reprezentat de 3 specii în flora României (Sârbu și colab., 2013).

1.2.1. *Echium italicum* L. (*E. altissimum* Jacq.)¹

Echium italicum L. (syn. *E. altissimum* Jacq.) (**Fig. 1.2.1.**), cunoscută popular sub numele de coada vacii (Tomescu, 2016). Este o specie hemiterofită bianuală, hispid-păroasă, cu aspect cenușiu, cu rădăcina pivotantă, groasă (6–15 mm), roșie închisă; tulpina este erectă, rigidă, înaltă de 40–100 (150) cm, acoperită cu peri setacei lungi, țepoși (albi sau galbeni), așezați pe mici tuberculi, și peri scurți și moi. Frunzele bazale sunt lanceolate (10–15 x 10–20 mm), iar cele

& *Molecular Biology*, 22(2);

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022.** *Echium italicum* L. (family Boraginaceae): biological characteristics and potential uses. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2).

¹ O parte din aceste date au fost publicate sub formă de rezumate:

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M. M., **2021.** Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species. *Journal of Experimental*

tulpinale inferioare liniar-lanceolate, atenuate în pețiol. Inflorescență piramidală alungită alcătuită din cincine scopioide (8–9 cm); flori scurt pedicelate, galbene, roz sau alb-albăstrui. Corolă infundibuliformă (10–12 mm). Are 4–5 stamine (3 fiind mult mai lungi decât corola), antere palid-rozee și stil scurt, pubescent, cu stigmat bifidat. Perioada de înflorire este iunie–august Fructul este Nuculă trigonă, gălbuie, zgrăbunțoasă, slab lucioasă, de 2,5–3 mm (Grințescu, 1960; Gibbs, 1972). Este o specie heliofilă, subtermofilă, xero-mezofilă, neutrofilă, eurinitrofă (Sârbu și colab., 2013).



Fig. 1.2.1. *Echium italicum* L: – localizare: Agigea, Constanța, România (original)

1.2.2. *Echium russicum* J.F.Gmel. (*E. maculatum* L., *E. rubrum* Jacq., non Forssk., *Pontechium maculatum* Böhle & Hilger)²

Specia *Echium russicum* J.F. Gmelin este cunoscută în literatura de specialitate sub mai multe denumiri botanice, precum

² O parte din aceste date au fost comunicate la Sesiunea științifică anuală a studenților naturaliști, Ediția a IV-a, Iași, 31 octombrie 2020, în lucrarea cu titlul: Contribuții la cunoașterea distribuției și stării de conservare a speciei *Echium russicum* J. F. Gmelin. în situri natura 2000 din România, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Irina Irimia, Maria-Magdalena Zamfirache

Echium rubrum Jacq., non Forssk. (Gibbs, 1972), *Pontechium maculatum* Böhle & Hilger (Böhle și Hilger, 2000), Respectiv *Echium maculatum* L. (Sârbu și colab., 2013).

Genul *Pontechium* a fost descris oficial și valid publicat în anul 2000 de Böhle și Hilger (Böhle & Hilger, 2000), fiind separat de *Echium* din cadrul familiei Boraginaceae pe baza dovezilor morfologice și moleculare. Anterior acestei publicări, taxonul era tratat în mod tradițional ca *Echium maculatum* L. (Linnaeus, 1759). După introducerea sa, genul *Pontechium* nu a fost adoptat imediat și la nivel universal (Böhle & Hilger, 2000), deși a fost citat de specialiști ca o linie taxonomică distinctă, în timp ce unele flore regionale au continuat să îl includă în genul *Echium*.

Echium russicum J. F. Gmelin (**Fig. 1.2.2.**), cunoscută popular sub numele de capul șarpelui (Sârbu și colab., 2013). Specie terofită-hemiterofită bianuală, hispid-păroasă, cu aspect cenușiu (Grințescu, 1960). Rădăcină pivotantă; rizom fusiform și ramificat (Beldie și Chiriță, 1967; Sava și colab., 2019). Tulpina este erectă, rigidă, înaltă de 30–90 cm, cilindrică, acoperită cu peri setiformi albi, rigizi, tuberculați la bază, alături de peri scurți și moi. Frunzele bazale sunt lanceolate (10–15 cm lungime, 10–20 mm lățime); cele tulpinale inferioare sunt liniar-lanceolate, atenuate în pețiol scurt (7–10 x 5–10 cm), iar frunzele tulpinale superioare devin din ce în ce mai mici. Inflorescență cilindrică, lungă de 25–30 cm, formată din cincine scurte și îndesuite. Florile sunt scurt pedicelate, de culoare roșu-închis (rar albe). Corolă slab infundibuliformă (12–17 mm), cu lobi aproape egali și tubul de cel puțin 2 ori mai lung decât caliciul. Prezintă 5 stamine exserte cu filamente roșietice și glabre, precum și un stil lung, exsert, cu stigmat subcapitat. Perioada de înflorire este iunie–iulie. Fructul este o nuculă trigonă, pronunțat zgrăbunțoasă, de 2–3 mm, cu bază plană și vârf acutiuscul (Grințescu, 1960; Gibbs, 1972).

Echium russicum a fost declarată în cadrul rețelei Natura 2000, specie de interes comunitar (cod 4067). De asemenea, este inclusă și în Anexele II și IV a Directivei Habitate 92/43/EEC privind conservarea habitatelor naturale și a speciilor de faună și floră sălbatică revizuită în anul 2007, cât și în Anexa I a Rezoluției 6 (1998) a Convenției de la Berna revizuită în anul 2011 (EUNIS, 17/03/2021).

Conform European Nature Information System (EUNIS), specia *E. maculatum* a fost inventariată în 132 de situri de importanță comunitară din Europa, din care 45 în România, 45 în Ungaria, 14 în Slovacia, 13 în Republica Cehă, 12 în Bulgaria și 3 în Polonia.



Fig. 1.2.2. *Echium russicum* J. F. Gmelin. – localizare: ROSC10221 Sărăturile din Valea Ilenei, Iași, România (original)

Informațiile oferite de Formularele Standard Natura 2000 din România, ne relevă faptul că marea majoritate a siturilor în care specia a fost identificată sunt situate în Podișul Transilvaniei, Podișul Moldovei, Dobrogea și, mai puțin în Bucovina și Câmpia Română (Sava și colab., 2020).

I.2.3. *Echium vulgare* L.³

Specia *Echium vulgare* (Fig. 1.2.3.) este o hemiterofită bianuală (uneori perenă), hispidă și cu un aspect cenușiu, cunoscută sub denumirea populară de „limba șarpelui” (Sârbu și colab., 2013), precum și sub alte denumiri populare precum „capul-viperei”, „viperină”, „ursoaică”, „boranță”, „ochiul-mâței” sau „iarba-năpârcii” (Milică și colab., 2012). Aceasta dezvoltă o rădăcină pivotantă neagră (6–15 mm grosime) și o tulpină erectă și rigidă de 25–100 cm, acoperită cu peri scurți și moi, intercalați cu peri lungi, țepoși, fixați pe tuberculi roșii sau violeti. Frunzele sunt liniar-lanceolate, cele inferioare fiind dispuse în rozetă și atenuate în pețiol (8–10 x 8–15 mm), iar cele tulpinale sesile și uninervate (2–6 x 8 mm). Inflorescența cilindric-paniculată este alcătuită din 5–15 (20) cincine simple (2–6 cm), arcuite la maturitate. Florile sunt scurt pedicelate, inițial roșiatice, devenind ulterior albastre, roze sau albe; corola infundibuliformă și bilabiată (10–22 mm) prezintă un tub mai scurt decât caliciul lung setiform-păros. Specia are 5 stamine exserte cu filamente lungi, roșietice și curbate în sus, precum și un stil subțire și pubescent ce depășește lungimea staminelor. Fructul este o nuculă oblic ovoid-trigonă, zgrăbunțoasă, de 3–4 mm, iar perioada de înflorire se desfășoară din iunie până în septembrie (Grințescu, 1960; Gibbs, 1972).

³ O parte din aceste date au fost publicate sub formă de rezumat:

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M. M., 2021. Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 22(2);



Fig. 1.2.3. *Echium vulgare* L. – localizare: Blocuri Păcurari, Iași, România (original)

1.2.4. Încadrare fitosociologică

Pe baza analizei literaturii de specialitate (Chifu și colab., 2014), a fost realizată încadrarea fitosociologică a celor trei specii de *Echium* din România.

Specia *Echium italicum* se întâlnește în 27 asociații vegetale.

Specia *Echium russicum* este prezentă în 41 de asociații vegetale.

Specia *Echium vulgare* a fost identificată în 184 asociații vegetale.

1.2.5. Tipuri de habitate Natura2000 în care au fost menționate specii ale genului *Echium* L.

Cele trei specii de *Echium* din România au fost identificate în habitate de interes comunitar, dintre care unele sunt considerate prioritare (notate cu *), evidențiind astfel importanța lor pentru

conservarea biodiversității. Aceste habitate sunt incluse în Anexa I a Directivei 92/43 CEE.

1.3. Distribuția speciilor genului *Echium* L. în România

Analiza literaturii de specialitate a contribuit la conturarea unei imagini de ansamblu asupra răspândirii acestor specii la nivel național.

1.3.1. *Echium italicum* L.

A fost identificată în: Jud. Arad, Jud. Bihor, Jud. Caraș-Severin, Jud. Călărași, Jud. Constanța, Jud. Dolj, Jud. Hunedoara, Jud. Iași, Jud. Mehedinți, Jud. Satu Mare, Jud. Sălaj, Jud. Suceava, Jud. Tulcea și în Dobrogea.

1.3.2. *Echium russicum* J.F.Gmel.

A fost identificată în: Jud. Alba, Jud. Arad, Jud. Bacău, Jud. Botoșani, Jud. Brașov, Jud. Buzău, Jud. Caraș-Severin, Jud. Călărași, Jud. Cluj, Jud. Dolj, Jud. Galați, Jud. Hunedoara, Jud. Iași, Jud. Mehedinți, Jud. Mureș, Jud. Neamț, Jud. Prahova, Jud. Sălaj, Jud. Suceava, Jud. Tulcea, Jud. Vaslui.

1.3.3. *Echium vulgare* L.

A fost identificată în: Jud. Alba, Jud. Arad, Jud. Argeș, Jud. Bacău, Jud. Bihor, Jud. Bistrița-Năsăud, Jud. Botoșani, Jud. Brașov, Jud. Buzău, Jud. Caraș-Severin, Jud. Cluj, Jud. Constanța, Jud. Covasna, Jud. Dolj, Jud. Galați, Jud. Gorj, Jud. Harghita, Jud. Hunedoara, Jud. Iași, Jud. Maramureș, Jud. Mehedinți, Jud. Mureș, Jud. Neamț, Jud. Olt, Jud. Prahova, Jud. Satu Mare, Jud. Sălaj, Jud. Sibiu, Jud. Suceava, Jud. Teleorman, Jud. Timiș, Jud. Tulcea, Jud. Vaslui, Jud. Vâlcea, Jud. Vrancea.

CAPITOLUL II. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU

II.1. Scurt istoric al cercetărilor morfo-anatomice și micromorfologice

Morfologia și anatomia organelor vegetative din familia Boraginaceae sunt bine reprezentate în literatura clasică, însă datele specifice pentru genul *Echium* rămân fragmentare și dispersate. În tratatele fundamentale, precum cel realizat de Metcalfe și Chalk (1950), sunt descrise caracterele anatomice generale ale familiei, alături de trimeri izolate la genul *Echium*.

La nivel național, cercetările de histo-anatomie vegetală au o tradiție valoroasă, sintetizată în lucrările privind dezvoltarea fitomorfologiei la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași (Toma și Toniuc, 2008), unde sunt evidențiate studii asupra organelor vegetative la specii din genurile *Borago*, *Cerinth* și *Echium* din flora României (Ifrim și Toniuc, 2006).

La nivel internațional, cercetările asupra genului *Echium* au corelat aspectele anatomice și morfologice cu particularitățile ecologice și distribuția geografică, abordând taxoni endemici din Insulele Capului Verde (Romeiras și colab., 2008) și Macaronesia (Aldridge, 1981), dar și analize moleculare pentru clarificarea filogeniei (Cohen, 2014). De asemenea, numeroase studii comparative calitative și cantitative au analizat structura organelor vegetative la genuri înrudite (*Anchusa*, *Nonea*, *Coldenia*, *Symphytum*, *Cynoglossum*, *Pulmonaria*, *Echium*) (Akcin și Baki, 2007; Akcin și colab., 2010; Akcin și colab., 2012; Barykina și Alyonkin, 2016; Barykina și colab., 2016; Yeşil, 2017), extinzându-se uneori la structura fructului și tulpinii (Keshavarzi și colab., 2013). Un interes deosebit s-a acordat dezvoltării ontogenetice timpurii (Barykina și Alyonkin, 2017, 2018) și anatomiei ecologice a lemnului (Carlquist, 1970; Baas și Schweingruber, 1987; Rao și Kumar, 1989).

În cadrul genului *Echium*, cercetările histo-anatomice sunt relativ restrânse și axate pe specii sau organe specifice. De exemplu, Sava și colab. (2019) au analizat detaliat structura rizomului, tulpinii aeriene și frunzei la *Echium russicum* în rezervația Sărăturile din Valea Ilenei, iar Papp și colab. (2011) au realizat studii histologice

comparative între *Echium vulgare*, *Pulmonaria officinalis* și *Symphytum officinale*.

O atenție deosebită a fost acordată structurilor cu valoare taxonomică ridicată, precum nuculele, a căror micromorfologie a fost investigată la *E. italicum* (Özcan, 2013), *E. vulgare* și *E. plantagineum* (Latini și colab., 2022), *E. anchusoides* (Bacchetta și colab., 2000) și la alte Boraginaceae (Filimban și colab., 2025; Ullah și colab., 2025), fiind analizate și relațiile dintre structura semințelor și procesul de germinație (Molinelli și colab., 2020). La nivelul organelor vegetative, unele cercetări au comparat morfologia și histo-anatomia speciilor din regiuni diferite (Abdel Aal și El-Shazly, 1999) sau s-au concentrat pe caractere specifice, precum tipurile de peri și indumentul (Bramwell, 1972), aparatul stomatic (Dasti și colab., 2003) și structurile secretoare (Chwil și Weryszko-Chmielewska, 2007; Weryszko-Chmielewska și Chwil, 2008).

În ansamblu, se constată că studiile integrate privind structura anatomo-funcțională a organelor vegetative la *Echium vulgare* și *Echium italicum* rămân limitate, justificând astfel necesitatea unor cercetări aprofundate care să coreleze variația structurală cu funcțiile fiziologice și adaptările ecologice ale acestor specii.

II.2.Utilizari în medicina tradițională a speciilor genului *Echium* L.⁴

Plantele din genul *Echium* au un istoric bogat de utilizare în medicina tradițională din diverse regiuni ale lumii. Pentru *Echium italicum*, studii etnobotanice realizate în Turcia arată că rădăcina și părțile aeriene se aplicau extern (cataplasme sau unguente) pentru

⁴ O parte din aceste date au fost publicate sub formă de rezumate:

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M. M., **2021.** Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 22(2);

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022.** *Echium italicum* L. (family Boraginaceae): biological characteristics and potential uses. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2).

vindecarea rănilor, vânătăilor, abceselor și ameliorarea durerilor reumatice (Altundag și Ozturk, 2011; Fujita și colab., 1995; Gürbüz și colab., 2021; Han și Bulut, 2015; Özgökçe și Özçelik, 2004; Tabata și colab., 1994). În medicina tradițională din Iran, florile și părțile aeriene sunt utilizate pentru tratarea rănilor, durerilor de gât, răcelilor, dar și pentru efecte carminative, soporifice, de relaxare a sistemului nervos (Ghasemi și colab., 2013; Sahranavard și colab., 2009) și proprietăți antidiabetice (Faezizadeh și colab., 2016). În Italia sunt raportate utilizări ale părților aeriene (de Natale și Pollio, 2007; Pieroni, 2000), iar în Macedonia rădăcinile stau la baza unui unguent antiinflamator și cicatrizant (Albreht și colab., 2009).

Diferite studii au fost realizate pentru a dovedi științific utilizările tradiționale a speciilor de *Echium*. Extractele obținute din diferite părți ale plantelor speciilor luate în studiu au dovedit activități biologice variate: antioxidantă (Conforti și colab., 2009; Nićiforović și colab., 2010; Nogala-Kalucka și colab., 2010; Nikolova și colab., 2011; Eryugur și colab., 2012; Tahmouzi, 2014; Bošković și colab., 2017; Alamholo, 2020; Bošković și colab., 2021; Uysal și colab., 2021; Bošković și colab., 2022; Ateşşahin și colab., 2023); analgezică (Eryugur și colab., 2012); antiinflamatoare (Conforti și colab., 2009); antibacteriană/antimicrobiene (Morteza-Semnani și colab., 2009; Karakaş și colab., 2012; Bošković și colab., 2017; Alamholo, 2020; Bošković și colab., 2022; Ateşşahin și colab., 2023); antidepresivă (Moallem și colab., 2007); antilisterial (Tahmouzi, 2014); antitumorală (Karakaş și colab., 2012); anxiolitică și hipnotică (Hosseinzadeh și colab., 2012); citotoxic (Conforti și colab., 2008; Bošković și colab., 2017; Bošković și colab., 2021; Mihoğluil și colab., 2023; Ateşşahin și colab., 2023, 2025); vindecarea rănilor (Eryugur și colab., 2016, 2012).

II.3. Compoziția chimică a speciilor genului Echium L.

În diferite părți ale plantelor de *Echium italicum*, *Echium russicum* și *Echium vulgare* s-au identificat o gamă variată de compuși organici: aminoacizi, acizi grași, fitosteroli, compuși fenolici, uleiuri volatile, naftochinone, alantoină, alcaloizi piroлизidinici (Sava și colab., 2021; 2022a).

II.3.1. Compoziția chimică la *Echium italicum* L.

În partea aeriană de *Echium italicum* s-au identificat și cuantificat 16 aminoacizi de către Özcan (2016).

Concentrația uleiului total din nucule a fost determinată cu ajutorul unui Tecator Soxhlet System HT și a variat între 19,3% și 23.5% (Özcan, 2013). Pentru concentrația uleiului total din semințe s-au obținut valori cuprinse între 11.94% și 15.70% (Özcan și Süzerer, 2020).

Concentrația acizilor grași din compoziția uleiului a variat funcție de regiunea geografică, altitudine (Özcan, 2013; Taravati și colab., 2014; Özcan și Süzerer, 2020). Özcan și Süzerer, (2020) au identificat 21 de acizi grași în compoziția uleiului din semințe. În compoziția uleiului de *Echium italicum* predomină acizii grași polinesaturați (Özcan, 2013). Comparativ cu alte specii de *Echium* (*Echium vulgare*, *Echium plantagineum*, *Echium angustifolium*), în semințele de *Echium italicum* s-au determinat cele mai mari cantități de acid α -linolenic și stearidonic (Özcan, 2008).

Morteza-Semnani și colab. (2009) au extras pentru prima dată uleiul esențial (prin hidrodistilare) din părți aeriene înflorite de *Echium italicum* (colectate din Iran) și l-au analizat prin GC- GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)). S-au identificat 22 de compuși ce reprezintă 17.1 % monoterpene, 3.8 % sesquiterpene și 69.2 % non-terpenoide. Compușii majori identificați au fost: n-Hexadecanol (27.1%) și pulegone (8.8%).

Prezența shikonininei și a unor derivați de shikonină (acetilshikonină, deoxishikonină, 2-metil-n-butilshikonină, izovalerilshikonină, β -dimetilacrilshikonină) în rădăcina de la *Echium italicum* a fost raportată și de Eruygur și colab. (2016) și Eruygur (2018), în cazul probelor recoltate din populații spontane din Turcia.

Dresler și colab. (2017) au extras shikonina și au cuatificat shikonina (ca total de derivați de shikonină) din rădăcina de *Echium italicum* și din alte 3 specii de Boraginaceae (*Echium vulgare* L., *Echium russicum* J.F. Gmel., și *Lithospermum officinale* L.).

II.3.2. Compoziția chimică la *Echium russicum* J.F.Gmel.

Pentru specia *Echium russicum* datele privind compoziția chimică a acestia sunt restânse. Au fost identificați acizi grași din nucule, iar din rădăcini și lăstari au fost identificați compuși fenolici, naftochinone și alantoină.

Nuculele de *Echium russicum* au un conținut bogat de acizi grași polinesaturați. Acizi grași determinați sunt: acidul γ -linolenic, acidul α -linolenic, acidul linoleic, acidul oleic, acidul palmitic și acidul stearic (Guil-Guerrero și colab., 2003).

II.3.3. Compoziția chimică la *Echium vulgare* L.

Polizaharidele din flori au fost extrase de către Tahmouzi (2014) de la plante de *Echium vulgare* recoltate din Iran .

Nectarul conține sucroză, fructoză, glucoză in raport de 8.6:1.0:0.7 (Southwick și colab., 1981 citat de Klemow și colab., 2002).

În frunze și flori s-au identificat 3 steroli (Conforti și colab., 2008).

Barberis și colab. 2022 au analizat aminoacizii proteici (HPLC) și aminele biogene (prin cromatografie lichidă de înaltă performanță cu detector cu rețea de diode - HPLC-DAD) din nectarul florilor de *Echium vulgare* din două populații naturale în două perioade de înflorire diferite.

Conținutul de compuși fenolici totali și flavonoide totale s-a determinat în diferite părți ale plantei: rădăcină (Eruygur și colab., 2012); frunze (Alsanie și colab., 2018); partea aeriană (Niciforovic și colab., 2010; Eruygur și colab, 2012; Bošković și colab., 2022); frunze și flori (Conforti și colab., 2008) și semințe (Nogala-Kalucka și colab., 2010).

Alcaloizii pirrolizidinici identificați pentru *Echium italicum* și *Echium vulgare* sunt reprezentați în principal de echimidină, echiină, intermedină, licopsamină și derivații lor acetilați și N-oxidați (Skoneczny și colab., 2015; Mädge și colab., 2020; Stefova și colab., 2022; Petreska Stanoeva și colab., 2023).

PARTEA a II-a – CERCETĂRI PERSONALE

CAPITOLUL III. MATERIAL BIOLOGIC ȘI METODE DE LUCRU

III.1. Material vegetal

Materialul vegetal care a făcut subiectul cercetărilor de față (exemplare aparținând speciilor spontane *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L.) a fost colectat de pe teritoriul a șase județe ale României (*E. vulgare* L. - **Tabel 3.1.1.**) și de pe teritoriul unui singur județ (*Echium italicum* L. - **Tabel 3.3.1.**), în anii 2021, 2022 și 2023 în intervalul iunie-iulie. Acest material a fost determinat utilizând determinantul elaborat de către Sârbu și colab., 2013 și verificat de către dna. Biolog dr. Irinia Irina, curator al Herbariului Facultății de Biologie, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, în cadrul căruia s-a depus câte un individ - specimen voucher, pentru fiecare locație de recoltare (**Tabel 3.3.1.**).

Tabel 3.3.1. Locațiile de colectare ale materialului vegetal luat în studiu

Specie	Locație		Număr voucher
<i>Echium vulgare</i> L.	Iași	Valea lui David	186547
		Vlădeni	186548
		Pădurea Repedea-Bârnova, Releu	186573
	Bacău	Bacău	186572
	Botoșani	Băiceni	186550
	Neamț	Borca	186549
	Suceava	Suceava	186551
<i>Echium vulgare</i> L. - fasciat	Iași	Valea lui David	207019
<i>Echium italicum</i> L.	Constanța	Agigea	184568

Deși în flora spontană a României genul *Echium* este reprezentat de trei taxoni, s-a colectat material vegetal doar de la două specii (*Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L.), deoarece specia

Echium russicum J.F.Gmel este o specie protejată, de interes comunitar (Directiva Habitare 92/42/CEE, Anexa II). Aceasta nu a fost colectată din mediul natural și nu s-au utilizat pentru cercetări semințe ce provin de la indivizi din zone naturale de interes sau din afara acestora.

Materialul vegetal utilizat în cercetări este reprezentat de:

- material ierborizat aparținând celor 3 specii precizate anterior, din colecțiile a patru herbare din România;
- exemplare întregi colectate din flora spontană de la specia *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L (material vegetal proaspăt, uscat și material conservat în alcool 70%) și de semințe ale speciei *Echium italicum* L.
- nucule (semințe) achiziționate de la firma "Jelitto perennial seeds" (Fig. 3.3.4.), Germania (*Echium vulgare* L. EA020, *Echium russicum* J.F.Gmel. EA017) și semințe de *Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul "Cherry Belle" și *Sinapis alba* L. achiziționate din comerț.

La speciile genului *Echium*, termenul de sămânță nu este utilizat în sens strict, deoarece speciile acestui gen au fructe numite nucule, care sunt uscate, indehiscente, iar sămânța rămâne intim atașată de fruct (Roso și colab., 2017).

La materialului vegetal recoltat din flora spontană s-au efectuat:

- analize micromorfologice ale suprafeței organelor vegetative și de reproducere la microscopul electronic cu baleaj (Scanning Electron Microscope/ SEM) (*Echium italicum* L.; *Echium vulgare* L.);
- analize histo-anatomice ale secțiunilor practicate prin organele vegetative ale plantelor avute în atenție (rădăcini, tulpini, frunze);
- determinarea conținutului de pigmenți asimilatori foliari;
- determinarea conținutului de apă și de substanță uscată foliară;
- testarea germinației nuculelor supuse analizei micromorfologice a suprafeței la SEM (*Echium italicum* L.);
- obținerea de extracte alcoolice, caracterizarea acestora din punct de vedere biochimic (determinarea conținutului de polifenoli totali, de flavonoide totale și a activității antioxidante);

- obținerea de extracte apoase și testarea potențialului lor alelopativ.


Status: 2020-01-19

STAUDENSAMEN · PERENNIAL SEEDS · GRAINES DE PLANTES VIVACES

Produktion – Züchtung – Samentechnologie · Production – Breeding – Seed Technology



ECHIAM vulgare
 (Viper's Bugloss)
 Viper's Bugloss
 Item No.: EA020

Also available as: Organic seed

Portion Price (sufficient for 50-100 plants)	1g Price (0.1-0.9g)	10g Price (10-99.9g)	100g Price (100-999.9g)	1000g Price (1000-9999.9g)	10000g Price (10000-99999.9g)
2.00€	2.00€	8.00€	32.00€	192.00€	-


Status: 2020-01-23

STAUDENSAMEN · PERENNIAL SEEDS · GRAINES DE PLANTES VIVACES

Produktion – Züchtung – Samentechnologie · Production – Breeding – Seed Technology



ECHIAM russicum
 (rubrum)(PONTECHIAM maculatum)
 Viper's Bugloss
 Item No.: EA017

Also available as: Organic seed

Portion Price (sufficient for 50-100 plants)	1g Price (0.1-0.9g)	10g Price (10-99.9g)	100g Price (100-999.9g)	1000g Price (1000-9999.9g)	10000g Price (10000-99999.9g)
3.00€	6.00€	48.00€	384.00€	-	-

Fig. 3.3.4. Fișa produsului de la firma ”Jelitto perennials seeds”, Germania, pentru nuculele aparținând speciilor *Echium vulgare* L.– EA020 și *Echium russicum* J.F.Gmel.– EA017 achiziționate.

La materialul vegetal achiziționat s-au efectuat:

- analize micromorfologice ale suprafeței nuculelor la microscopul electronic cu baleiaj (Scanning Electron Microscope/ SEM) (*Echium vulgare* L. EA020, *Echium russicum* J.F. Gmel. EA017);

- testarea germinației nuculelor (semințelor) supuse analizei micromorfologice a suprafeței la SEM (*Echium vulgare* L. EA020, *Echium russicum* J.F. Gmel. EA017);
- testarea efectului unui biostimulator asupra proceselor de germinație și creștere (*Echium russicum* J.F.Gmel. EA017);
- testarea efectului unor metale grele asupra germinației (*Echium vulgare* L. EA020, *Echium russicum* J.F.Gmel. EA017);
- testarea potențialului efect alelopativ al extractelor apoase preparate din părțile aeriene ale speciei *Echium italicum* și *Echium vulgare* asupra germinației și creșterii la două specii test de plante dicotiledonate (*Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul ”Cherry Belle” și *Sinapis alba* L.); determinarea conținutului de polifenoli totali, de flavonoide totale, a activității antioxidante și a conținutului de pigmenți asimilatori din plantulele speciilor test astfel obținute.

III.2. Metode și tehnici de cercetare

III.2.1. Distribuția speciilor spontane din genul *Echium* L. în România

În colaborare cu doamna Biolog dr. IRIMIA Irina am analizat date din Herbariul Facultății de Biologie, Universitatea ”Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Herbariul Grădinii Botanice ”Anastasie Fătu” din Iași, Herbariul Universității de Științele vieții ”Ion Ionescu de la Brad” din Iași și Herbariul Universității din Craiova privind distribuția speciilor *Echium italicum* L., *Echium russicum* J.F. Gmel., *Echium vulgare* L..

III.2.2. Analiza factorilor de mediu din zonele de recoltare

Factorii de mediu analizați în zonele de recoltare a materialului vegetal reprezentat de exemplare de *Echium italicum* și *Echium vulgare* din flora spontană supus analizelor au fost: temperatura și umiditatea relativă a aerului, cantitatea de precipitații atmosferice, nebulozitatea atmosferică, tipul de sol.

III.2.3. Obținerea extractelor apoase și alcoolice

Din material vegetal uscat (partea aeriană) a exemplarelor de *Echium italicum* și *Echium vulgare* recoltate din flora spontană s-au

preparat, conform informațiilor cuprinse în literatura de specialitate (Moždžen și colab., 2016; Vukajlović și colab., 2018), extracte apoase de concentrație 1%, 2%, 5% și 7,5%

III.2.4. Determinări micromorfologice și histo-anatomice

Pentru analiza micromorfologică a materialul vegetal utilizat (nucule – din flora spontană și achiziționate, fragmente de tulpină, limb foliar, sepale, flori, stamine obținute de la plante din flora spontană), acesta a fost uscat la temperatura camerei și depus pe plăcuțe de aluminiu acoperite cu o bandă dublu adezivă din carbon, metalizat și examinat la microscopul electronic cu baleiaj.

Analizele au fost realizate la microscopul cu baleiaj Tescan, Vega II SBH aflat în dotarea Laboratorului de microscopie electronică al Facultății de Biologie din cadrul Universității “Alexandru Ioan Cuza” din Iași.

Tehnica de colorare folosită pentru secțiunile realizare este cea a dublei colorării cu verde iod și roșu Rhuteniu (Tarnavski și colab., 1974; Șerbănescu și colab., 1983).

III.2.5. Determinări ale unor indicatori biochimici și fiziologici

III.2.5.1. Determinarea conținutului de apă și de substanță uscată

Determinarea conținutului de apă și de substanță uscată s-a realizat la probe medii de frunze și de tulpini proaspete ale plantelor obținute din flora spontană.

Conținutul de apă și de substanță uscată se determină prin calcularea procentuală a pierderii de apă din biomasa proaspătă a probei de analizat în urma menținerii acesteia la temperatura constantă de 105 ° C până la aducerea ei la greutate constantă (Boldor și colab., 1983).

III.2.5.2. Determinarea conținutului de pigmenți asimilatori

A. Conținutul de pigmenți asimilatori folosind acetona 80% ca solvent a fost determinat din frunze prelevate de la indivizi aflați în

fenofaza de înflorire, precum și de la indivizi aflați în fenofaza de fructificare, recoltați din flora spontană.

Absorbanța s-a citit la spectrofotometru Shimadzu la lungimile de undă 663 nm, 646 nm și 470 nm, față de acetonă 80%.

Valorile obținute s-au introdus în ecuațiile corespunzătoare calculării concentrației pigmentilor asimilatori elaborate de Lichtenthaler și Wellburn (1983). Rezultatele se exprimă în $\mu\text{g/ml}$ extract vegetal.

B. - Conținutul de pigmenți asimilatori din plantule obținute experimental în procesul de germinație au fost extrași folosind ca solvent alcool etilic 96%.

Absorbanța s-a citit la spectrofotometru Shimadzu la lungimile de undă 664 nm, 649 nm și 470 nm, față de alcool etilic 96 %.

Valorile obținute s-au introdus în ecuațiile corespunzătoare calculării concentrației pigmentilor asimilatori elaborate de Lichtenthaler și Wellburn (1983). Rezultatele se exprimă în $\mu\text{g/ml}$ extract vegetal.

Determinările conținutului de pigmenți asimilatori din frunze și plantule au fost realizate în triplicat.

III.2.5.3.Determinarea conținutului total de polifenoli

Determinarea conținutului total de polifenoli s-a realizat în extractele obținute din material vegetal uscat (partea aeriană) de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. provenit din flora spontană, și din plantule de *Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul "Cherry Belle" și *Sinapis alba* L., familia Brassicaceae, provenite din semințe supuse testării cu extracte apoase din speciile de *Echium* prezentate anterior.

Determinarea conținutului total de polifenoli din materialul vegetal s-a realizat prin metoda Folin-Ciocalteu (Singleton și colab., 1999), metodă ce are la bază reducerea reactivului Folin-Ciocalteu

(amestec de acid fosfowolframic și acid fosfomolibdic) de grupele fenolice din materialul luat în studiu. Din această reacție de reducere rezultă o schimbare de culoare (din galben în albastru), a cărei intensitate este direct proporțională cu concentrația de polifenoli, care se citește la un spectrofotometru Shimadzu la lungimea de undă 760 nm.

III.2.5.4. Determinarea conținutului total de flavonoide

Determinarea conținutului total de flavonoide s-a realizat în extractele obținute din material vegetal uscat (partea aeriană) de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L., recoltat din flora spontană și din plantule de *Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul "Cherry Belle" și *Sinapis alba* L., familia Brassicaceae, provenite din semințe supuse testării cu extracte apoase din speciile de *Echium* prezentate anterior.

Determinarea conținutului total de flavonoide din material vegetal s-a realizat prin metoda colorimetrică cu clorură de aluminiu (AlCl_3), după Jia și colab. (1999) și după Herald și colab. (2012). Metoda are la bază formarea unui complex între gruparea carboxil sau hidroxil a flavonoidelor cu ionii de aluminiu, care determină o culoare galbenă ce se citește la un spectrofotometru Shimadzu la lungimea de undă 510 nm.

III.2.5.5. Determinarea activității antioxidante

Determinarea activității antioxidante s-a realizat în extractele obținute din material vegetal uscat (partea aeriană) de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L., recoltat din flora spontană și din plantule de *Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul "Cherry Belle" și *Sinapis alba* L., familia Brassicaceae, provenite din semințe supuse testării cu extracte apoase din speciile de *Echium* prezentate anterior.

Determinarea activității antioxidante din material vegetal s-a realizat prin metoda DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) după Thaipong și colab., (2006) și Herald și colab., (2012).

Radicalul DPPH are o culoare violet, iar în prezența antioxidantilor din materialul vegetal acesta devine galben, colorare ce se datorează capacității extractului de a neutraliza radicalii liberi.

Această virare de culoare se citește la un spectrofotometru Shimadzu la lungimea de undă 515 nm.

III.2.6. Teste de imbibiție, germinație și creștere în condiții experimentale

III.2.6.1. Testarea germinației semințelor supuse analizei SEM

Pentru realizarea testului de germinație, am utilizat semințele (nuculele) supuse inițial analizei SEM, procesul de pregătire suportat de acestea fiind descrisă la subcapitolul III.2.4.

Pentru studiul germinației s-au folosit 112 nucule, câte 28 din fiecare specie. Ca substrat pentru germinație s-a folosit hârtie de filtru umectată cu apă de robinet.

Procentajul de germinație a fost analizat la 7 și 14 zile de la începutul experimentului. Alegerea acestor momente de analiză a fost stabilită urmând protocolul de lucru pentru speciile de cultură (Boldor și colab., 1983), adaptat pentru speciile genului *Echium* (Roso și colab., 2017).

Procentajul de germinație a fost calculat după formula descrisă de Islam și Kato-Noguchi, (2014).

*III.2.6.2. Testarea efectului unui biostimulator asupra imbibiției, germinației și creșterii la *Echium russicum* J.F.Gmel.*

Ca substanță biostimulatoră s-a utilizat soluția Atonik în concentrații de 1‰ și 3‰ aplicată nuculelor înainte de semănat, concentrațiile de lucru fiind selectate conform informațiilor prezentate de literatura de specialitate (Djanaguiraman și colab., 2005; Kocira și colab., 2017).

S-a lucrat numai cu semințe de *Echium russicum* procurate de la "Jellito perennial seeds" Germania.

Pentru determinarea **imbibiției gravimetrice** s-au utilizat câte 3 repetiții pentru fiecare variantă (V_1 , V_2 , V_3), fiecare repetiție conținând câte 12 nucule, masa fiecărei probe fiind determinată cu o precizie de 0.0001 g la o balanță analitică.

Cantitatea de apă / soluție Atonik absorbită la fiecare interval de timp s-a calculat cu ajutorul formulei descrise de Marler (2019).

Pentru **studiul germinației** s-au utilizat nucule îmbibate timp de 8 ore în apă distilată (V_1), în soluție Atonik 1‰ (V_2) și respectiv 3‰ (V_3); pentru varianta control s-au folosit semințe neîmbibate (C). Pentru fiecare variantă s-au utilizat câte 3 ghivece (1 ghiveci = 12 semințe). Substratul de germinație și creștere a fost reprezentat de amestec comercial de sol universal.

Solul universal utilizat conține substrat din turbă de sphagnum ALONET (60%), pământ de frunze mărunțit și ciuruit (15%), compost (10%), nisip spălat de râu (10%), rumeguș de rășinoase (5%) + perlit. Solul utilizat a avut o textură afânată, o capacitate ridicată de menținere a apei și un pH cuprins între 6-7.

Efectul tratamentului cu soluție Atonik 1‰ și 3‰ asupra germinației speciei test s-a evaluat calculând procentajul de răsărire la 7 și 14 zile de la începutul experimentului.

După 47 de zile s-a determinat procentajul de supraviețuire a plantulelor.

Ghivecele s-au menținut în condiții de laborator, care au asigurat o temperatură a mediului de lucru de 24°C - 27°C, cu o fotoperioadă medie de 15 ore lumină și 9 ore întuneric. Umiditatea solului din ghivece a fost monitorizată zilnic și menținută prin udare cu apă de robinet. Durata totală a experimentului a fost de 61 de zile.

Pentru a evalua efectul tratamentului cu soluție Atonik 1‰ și 3‰ asupra **creșterii plantulelor** s-au determinat următorii indicatori morfologici: lungimea rădăcinii, lungimea părții aeriene (hipocotil+ epicotil), numărul de frunze/plantă, aria frunzei adevărate și aria frunzei cotiledonare. Aria frunzelor s-a determinat cu ajutorul unui aparat portabil compact AM-100 Area Meter (ADC BioScientific Ltd Analytical, Hoddesdon, UK), iar lungimile au fost măsurate cu ajutorul unei rigle.

III.2.6.3. Testarea efectului unor metale grele asupra imbibiției și germinației la *Echium vulgare* L. și *Echium russicum* J.F.Gmel.

Pentru realizarea testelor de imbibiție, germinație și creștere, am utilizat nucule aparținând speciilor *Echium vulgare* și *Echium russicum* achiziționate de la "Jellitto perennial seeds",

Cantitatea de apă / soluție absorbită la fiecare interval de determinare a fost calculată cu ajutorul formulei descrise de Marler (2019).

Pentru **studiul germinației**, nuculele au fost imersate în soluții de sulfat de cupru și sulfat de zinc (variantele de tratament) și respective în apă distilată (varianta control), pentru un interval de 4 și, respectiv, 8 ore. După parcurgerea timpului de imbibiție s-a îndepărtat apa/soluția de pe semințe cu hârtie de filtru și apoi acestea au fost puse la germinat în plăci Petri, pe hârtie de filtru umectată cu apă distilată

Plăcile Petri s-au păstrat în condiții de laborator, cu o fotoperioadă de 12 ore lumină și 12 ore de întuneric și o temperatură medie de 21°C.

Efectul tratamentului cu soluții de CuSO₄ și, respectiv, ZnSO₄ asupra germinației speciilor test s-a evaluat calculând 4 indicatori ai germinației, după formulele descrise de Islam și Kato-Noguchi, (2014):

III.2.6.4. Testarea efectului alelopativ al extractelor apoase de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. asupra unor specii test

Pentru testarea potențialului alelopativ al extractelor apoase preparate din plante aparținând speciilor de *Echium italicum* și *Echium vulgare* provenind din flora spontană, s-au folosit semințe aparținând la două specii test din familia Brassicaceae: *Raphanus sativus* var. *sativus* L. soiul "Cherry Belle" și *Sinapis alba* L..

Pentru studiul germinației, semințele celor două specii test s-au montat pentru germinat în plăci Petri umectate cu apă distilată

(control) și cu extracte apoase din *Echium vulgare* (E.v.) și *Echium italicum* (E.i.) de concentrație 1% (V_1), 2% (V_2), 5% (V_3), și 7,5% (V_4), utilizând un număr de 20 de semințe din fiecare specie test per placă, în triplicat.

Plăcile Petri au fost păstrate în termostatul Aqua Lytic, la o temperatură constantă de 23° C, cu o fotoperioadă de 12 ore lumină și 12 ore întuneric, timp de 7 zile.

Efectul tratamentului cu extractele apoase de *Echium vulgare* și *Echium italicum* asupra germinației semințelor speciilor test s-a evaluat calculând 4 indicatori ai germinației, după formulele descrise de Islam și Kato-Noguchi, (2014).

Pentru a evalua efectul tratamentului cu extractele apoase asupra creșterii plantulelor, s-au determinat următorii indicatori morfologici: lungimea rădăcinii, lungimea hipocotilului, prin măsurare directă cu rigla și masa proaspătă a plantulei, prin cântărire la balanța analitică.

III.2.7. Analiza statistică

Valorile obținute pentru toți parametrii studiați sunt exprimate ca media $\pm$ eroarea standard. Diferențele statistice dintre variabile au fost evaluate prin teste statistice, utilizând testul ANOVA-unifactorială și testul post-hoc Tukey HSD. Testele au fost realizate cu ajutorul programului GraphPad Prism 10. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$. Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic ($p \geq 0,05$).

CAPITOLUL IV: REZULTATE ȘI DISCUȚII

IV.1. Distribuția speciilor spontane din genul *Echium* L. în România⁵

Analiza datelor obținute de la speciemenele din ierbarele consultate au fost centralizate pe specii și pe județe.

Din această analiză rezultă că cel mai vechi specimen pentru *Echium italicum* L. a fost înregistrat în luna iunie 1904 (voucher 3678) din localitatea Vârciorova, Caraș-Severin; pentru *Echium russicum* J.F.Gmel. în luna mai 1898 din localitățile Cîrlig și Mârzești, Iași (voucher 3681-3684); pentru *Echium vulgare* L. în luna iunie 1896 din localitatea Bârnova, Iași (voucher 3687) în colecția de la Herbariul Facultății de Biologie, Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași.

Conform specimenelor din ierbarele consultate specia *Echium italicum* L. se găsește în România în următoarele județe: Caraș-Severin, Constanța, Dolj, Galați, Giurgiu, Ilfov și Vaslui (**Fig. 4.1.1.**).

Conform specimenelor din ierbarele consultate, specia *Echium russicum* J.F.Gmel. se găsește în România în următoarele județe: Alba, Bacău, Bistrița-Năsăud, Botoșani, Brașov, Buzău, Caraș-Severin, Cluj, Covasna, Dolj, Galați, Iași, Ilfov, Olt, Suceava, Vaslui și Vrancea (**Fig. 4.1.2.**)

Conform specimenelor din ierbarele consultate, specia *Echium vulgare* L. se găsește în România în următoarele județe: Bacău, Botoșani, Brăila, Buzău, Caraș-Severin, Cluj, Constanța,

⁵ O parte din aceste date au fost comunicate la **Trends in Biology: from molecules to complex systems 2026**, 15-18 octombrie 2026, în lucrarea cu titlul: Distribution of *Echium* species in Romania based on herbarium data, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Irina Irimia, Maria-Magdalena Zamfirache

Galați, Harghita, Iași, Mureș, Neamț, Olt, Satu Mare, Suceava, Vaslui și Vrancea (**Fig. 4.1.3.**).

Analiza datelor din ierbare și centralizarea acestora la nivel de județ este importantă pentru integrarea înregistrărilor dispersate în seturi de date spațiale organizate. Așa cum precizează și literatura de specialitate (Heberling și colab., 2019), acesată acțiune ajută la realizarea unor hărți de distribuție a speciilor, sprijină studiile ecologice și climatice și furnizează informații aplicabile în conservarea biodiversității.

IV.2. Analiza factorilor de mediu

IV.2.1. Analiza factorilor climatici

Factorii climatici au un rol important în viața plantelor, acționând asupra acestora prin intensitate, ritm de modificare și durată de acțiune (Burzo, 2014).

În cercetările care fac subiectul prezentei teze s-au luat în studiu următorii factori climatici: temperatura aerului, umiditatea relativă a aerului, cantitatea și durata precipitațiilor atmosferice și nebulozitatea atmosferică.

În zonele de colectare ale speciilor genului *Echium* luate în studiu s-a înregistrat pe parcursul anului 2021 o cantitate mai ridicată a precipitațiilor atmosferice, comparativ cu anii 2022 și 2023, umiditatea relativă a aerului a fost mai ridicată pe parcursul anului 2021, anul 2022 a fost caracterizat de cea mai mică nebulozitate atmosferică, iar anul 2023 a fost cel mai calduros.

Conform înregistrărilor realizate, în zona orașului Iași județul Iași, s-a înregistrat pe parcursul anului 2021 o cantitate mai mare de precipitații față de anii 2022 și 2023, temperaturile medii, minime și maxime ale aerului în cei 3 ani au crescut treptat din anul 2021 spre anul 2023, cantitatea de precipitații atmosferice s-a redus pe parcursul anului 2022, iar nebulozitatea atmosferică a înregistrat valoarea cea mai scăzută pe parcursul anului 2022, față de anii 2021 și 2023.

În zona comunei Agigea, județul Constanța s-a înregistrat o cantitate redusă de precipitații pe parcursul anului 2022 și o predominanță a zilelor însorite față de cele înnorate, iar pe parcursul anului 2021 s-a înregistrat o umiditate relativă a aerului mai ridicată, comparativ cu ceilalți doi ani calendaristici.

În zona orașului Bacău, județul Bacău s-a înregistrat de-a lungul anului 2021 cantitatea cea mai mare de precipitații atmosferice și predominanța zilelor înnorate.

În zona orașului Suceava, județul Suceava s-a înregistrat pe parcursul anului 2021 o cantitate mai mare de precipitații atmosferice față de anii 2022 și 2023.

În zona localității Băiceni, județul Botoșani s-a înregistrat pe parcursul anului 2021 o cantitate mai mare de precipitații, comparativ cu anii 2022 și 2023.

În zona comunei Borca, județul Neamț pe parcursul anului 2021 temperaturile medii atmosferice au fost mai scăzute față de anii 2022 și 2023, iar precipitațiile atmosferice, umiditatea atmosferică relativă și nebulozitatea atmosferică au avut valori mai ridicate pe parcursul anului 2021.

În zona comunei Vlădeni, județul Iași s-a înregistrat o cantitate mai mare de precipitații atmosferice pe parcursul anului 2021, față de anii 2022 și 2023 (**Fig. 4.2.19. - 4.2.21**).

Zonele de studiu au prezentat aceeași tendință climatică observată la nivel național, caracterizată prin creșterea temperaturilor atmosferice medii, minime și maxime în perioada 2021–2023.

Temperatura aerului, împreună cu alți factori climatici influențează desfășurarea tuturor proceselor vitale la plante: germinație, creștere și dezvoltare, fotosinteză, acumulare de biomasă vegetală, respirație, transpirație, (Acatrinei, 1991; Chifu și colab. 1998; Toma și Jităreanu, 2007; Enache, 2009).

Temperatura și precipitațiile atmosferice și sunt considerate ca fiind factori principali ce controlează declanșarea etapelor din ciclul ontogenetic, precum creșterea, înflorirea, fructificarea, senescența (Enache, 2009; Zhang și colab.și 2023).

IV.2.2. Analiza tipului de sol

Tipul de sol pentru fiecare locație de colectare a materialului vegetal avut în atenție (specii de *Echium*) a fost identificat pe baza următoarelor documente: Harta solurilor României la scara 1:200 000 (ICPA) (**Fig. 4.2.1.**), Harta pedologică a Republicii Socialiste România, scara 1:500000 (Floreă și colab. 1971) și a datelor din literatura de specialitate (Posea și colab., 1982).

Denumirile tipurilor de sol din sursele consultate, pentru fiecare localitate, au fost corelate conform SRTS (Sistemului Român de Taxonomie a Solurilor), folosind echivalențele taxonomice prezentate de Floreă și Munteanu (2012).

Solurile din zonele de recoltare sunt reprezentate de Cernisoluri (Kcastanoziomuri, Cernoziomuri, Faeoziomuri), caracteristice zonei de stepă și silvostepă - Valea lui David; Agigea, Vlădeni, Suceava; de Luvisoluri (Preluvosoluri) – Băiceni, Vicovul de Sus, Repedea-Bârnova; de Cambisoluri (Eutricambosoluri) – Borca; de Protisoluri (Aluviosoluri) – Bacău.

Descrierea caracteristicilor fizico –chimice și ecologice ale solurilor s-a realizat după Chiriță și colab. (1967), Secu și Rusu (2007), Paulette (2008).

Speciile *Echium italicum* și *Echium vulgare* sunt specii heliofile (Chifu și colab. 2006; Sârbu și colab. 2013), euritemă - *Echium vulgare* sau subtermofilă - *Echium italicum* (Sârbu și colab. 2013). Preferă zone însorite și soluri uscate. Au capacitatea de a se adapta la habitate diverse, inclusiv zone puternic antropizate (*Echium vulgare*), cum ar fi pășuni, pajiști uscate, terenuri virane, marginea drumurilor etc. (Grințescu 1960; Sârbu și colab. 2013). Fiind specii biennale (uneori perene), plantele își dezvoltă un sistem radicular puternic, care le permite să supraviețuiască pe terenuri sărace în nutrienți, precum și variațiilor termice și hidrice sezoniere.

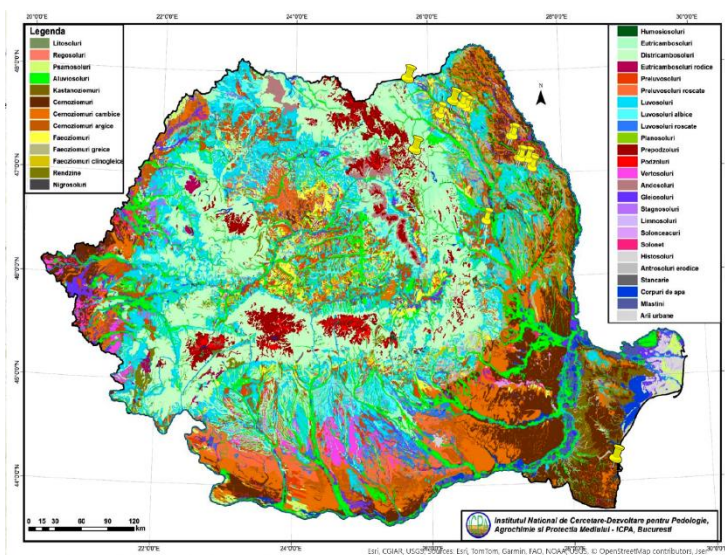


Fig 4.2.1. Harta solurilor României cu punctele de colectare (hartă prelucrată după "Figura 3. Harta solurilor României la scara 1:200 000" - ICPA)

IV. 3. Particularități micromorfologice și histo-anatomice ale organelor vegetative și de reproducere la unele specii ale genului *Echium* L.

IV. 3.1. Micromorfologia suprafețelor organelor aeriene la specii ale genului *Echium* L.

Studiile de micromorfologie realizate la microscopul electronic cu baleiaj (SEM) vin în completarea anatomiei clasice, aducând în atenție detalii descriptive fine ce oferă atât caractere de diagnoză taxonomică, cât și implicații ecologice pentru genul *Echium*. Întrucât prezența unui indument abundent constituie o trăsătură caracteristică și stabilă a familiei Boraginaceae, cercetările s-au concentrat pe complexul periferic protector de la nivelul tulpinii și al frunzei (epiderma superioară și inferioară, analizate la baza și vârful limbului). Examinarea calitativă a urmărit forma celulelor epidermice, gradul de ondulare al pereților anticlini, tipologia perilor, dezvoltarea

rozetelor epidermice bazale și ornamentațiile cuticulare. La speciile de *Echium*, perii protectori dominanți sunt unicelulari, filiformi sau subulați (cu bază lătită și vârf ascuțit), persistenți încă din stadii ontogenetice timpurii. Aceștia pot fi inserați direct (sesili) sau pot fi susținuți de celule epidermice dispuse radial (rozete bazale acoperite de cuticulă), care le conferă o ancorare mecanică solidă. Pe lângă perii protectori, sunt prezenți și peri glandulari (secretori) mai puțin numeroși, reduși structural (formați din una sau mai multe celule, cu o celulă secretorie terminală), localizați în special pe marginea și pe nervurile limbului foliar (Barykina și Alyonkin, 2016).

Baza perilor protectori de la speciile de *Echium* este puternic mineralizată cu carbonat de calciu și dioxid de siliciu; siliciul se depune predominant la apex sau impregnează peretele celular, în timp ce carbonatul de calciu se regăsește în restul structurii părului. Pe lângă conferirea unei rigidități mecanice care face plantele aspre la pipăit, aceste depuneri minerale reprezintă o cale de imobilizare a excesului de calciu celular (frecventă la speciile calcicole de Boraginaceae). Totodată, tiparul și dispoziția depozitelor cistolitice constituie un caracter filogenetic cu valoare de diagnoză la nivel de specie.

IV.3.1.1. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la Echium vulgare L. – Repedea-Bârnova

În acest subcapitol sunt redată caracteristicile micromorfologice ale complexului periferic protector de la organe vegetative aeriene (frunză, tulpină - pe probe recoltate de la diferite niveluri ale acestora) și piese florale - sepale, petale, stamine. Au fost analizate particularități ale celulelor epidermice, perilor protectori și microstructurilor asociate acestora, precum și stomatelor de la indivizi de *Echium vulgare*, recoltați de la populații din localitatea Repedea-Bârnova, județul Iași în condițiile climatice ale anului 2021 la data de 15.07.

Frunza

În privința micromorfologiei **epidermei superioare (Fig. 4.3.1.)** a limbului foliar (nivel bazal, median și apical), pe baza analizelor realizate se pot constata următoarele:

- suprafețele sunt dominate de peri protectori setiformi, lungi și rigizi, caracteristici speciei; acești peri prezintă baze pluricelulare bine dezvoltate (rozeta bazale), iar suprafața lor este acoperită de o cuticulă cu aspect evident rugos.
- printre perii lungi, apar frecvent peri de dimensiuni reduse, observați în planuri mai profunde ale suprafeței foliare; mulți dintre aceștia prezintă pereți mai subțiri, respectiv un aspect colabat;
- stomatele sunt prezente la nivelul ambelor epiderme, confirmând caracterul amfistomatic al frunzei; acestea apar dispuse la nivelul epidermei sau apar ușor proeminente față de aceasta; ostiolele sunt observate frecvent în stare închisă sau semideschisă.
- se remarcă prezența a numeroase particule de origine exogenă, distribuite neuniform, care acoperă epiderma și îngreunează uneori observarea detaliată a altor microstructuri bazale.
- relieful cuticular prezintă variații localizate.

În ansamblu, epiderma superioară prezintă un aspect relativ uniform, pe întreaga lungime a limbului foliar, diferențele dintre zona bazală, mediană și apicală fiind exprimate mai ales prin densitatea perilor, frecvența depunerilor exogene și gradul de evidențiere a diferitelor detalii micro morfologice specifice epidermei.

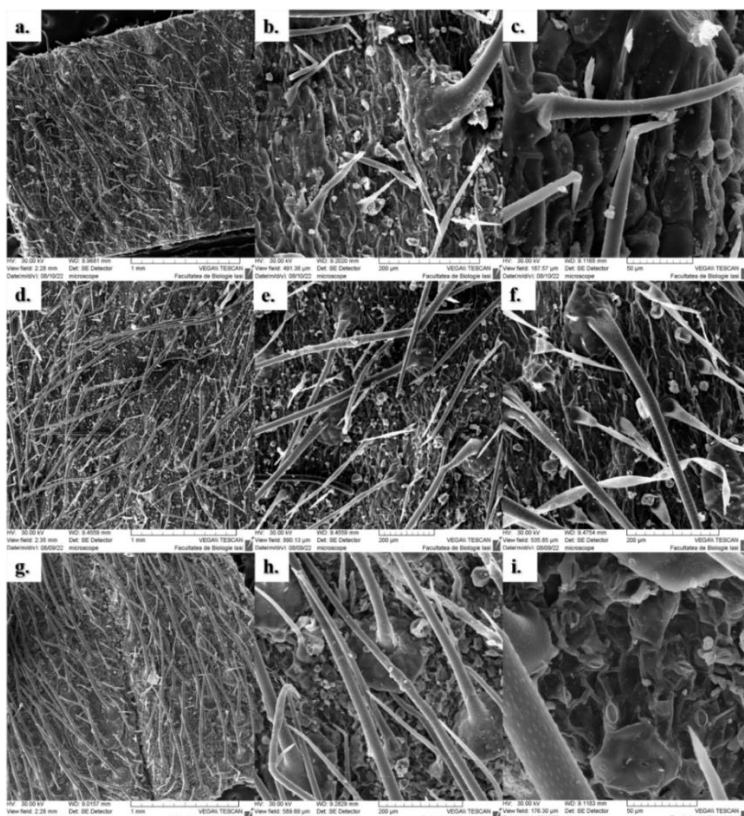


Fig. 4.3.1. Micromorfologia epidermei superioare a limbului foliar (nivel apical) de *Echium vulgare* L. recoltat de la Repede-Bârmova - Iași: la nivel bazal (a., b., c.), nivel median (d., e., f.) și apical (g., h., i.); a., d., g. – imagini de ansamblu: domină peri lungi cu rozetă bazală și mai puțini peri protectori scurți; b., e., h. - inserția simplă a perilor protectori scurți și rozetă bazală a perilor lungi; c., f., i. - detalii peri și relief epicuticular al celulelor epidermice.

Fața inferioară a limbului foliar (Fig. 4.3.2.), examinată la SEM, este caracterizată prin:

- un înveliș de peri abundent, reprezentat de peri protectori lungi și scurți, predominant setiformi, prevăzuți frecvent cu baze pluricelulare dispuse în rozetă; suprafața perilor prezintă un relief

rugos, în timp ce cuticula de la nivelul epidermei este relativ netedă sau ușor cutată.

- stomatele sunt numeroase și frecvent vizibile între peri, multe dintre acestea având ostiole deschise.
- acumulări variabile de particule aeropurtate (granule de polen și, posibil, spori de ciuperci) reținute de învelișul dens al suprafeței foliare.
- În ansamblu, de-a lungul limbului foliar se observă variații moderate ale densității și distribuției a perilor, organizarea generală a epidermei rămâne relativ constantă, confirmând caracterul conservator al micromorfologiei complexului periferic protector la *Echium vulgare*.

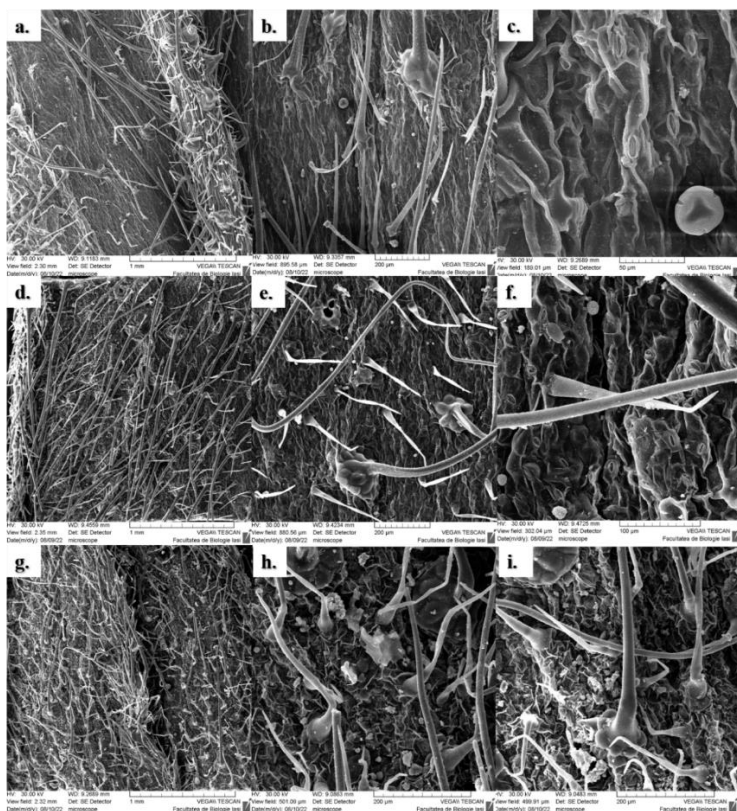


Fig. 4.3.2. Micromorfologia epidermei inferioare a limbului foliar (nivel bazal) de *Echium vulgare* L. recoltat de la Repedea-Bârnova - Iași: la nivel bazal (**a.**, **b.**, **c.**), nivel median (**d.**, **e.**, **f.**) și apical (**g.**, **h.**, **i.**); **a.**, **d.**, **g.** – imagini de ansamblu: domină peri lungi cu rozetă bazală și mai puțini peri protectori scurți; **b.**, **e.**, **h.** – inserția simplă a perilor protectori scurți și rozeta bazală a perilor lungi; **c.**, **f.**, **i.** detalii peri și relief epicuticular al celulelor epidermice.

Tulpina

Suprafața tulpinii este caracterizată printr-un înveliș abundent de peri protectori, de dimensiuni variabile, distribuiți neuniform, fără orientare definită la nivelul epidermei (**Fig.4.3.3.**).

Observațiile de detaliu arată existența a două categorii principale de peri protectori:

- unii lungi și robuști, inserați pe socluri pluricelulare/rozete bazale bine dezvoltate,
- alții mai scurți și mai subțiri, mult mai numeroși, distribuiți între perii de dimensiuni mari.
- suprafața ambelor categorii de peri prezintă rugozități (depuneri de natură minerală), similare celor observate de la nivelul limbului foliar.
- din loc în loc, perii scurți apar îndoiți sau parțial colabați, aspect care poate fi explicat prin faptul că fiind mai tineri au fost afectați procedura de pregătire a materialului pentru examinarea SEM.

Celulele epidermice sunt alungite, au contururi relativ bine delimitate și sunt acoperite de o cuticulă cu aspect predominant neted; pe suprafețele examinate sunt prezente frecvent particule de origine exogenă, de forme și dimensiuni variabile (particule fine, fragmente de material organic, alte formațiuni aeropurtate, posibil granule de polen, spori sau particule de praf) reținute de perii deși de pe acest organ.

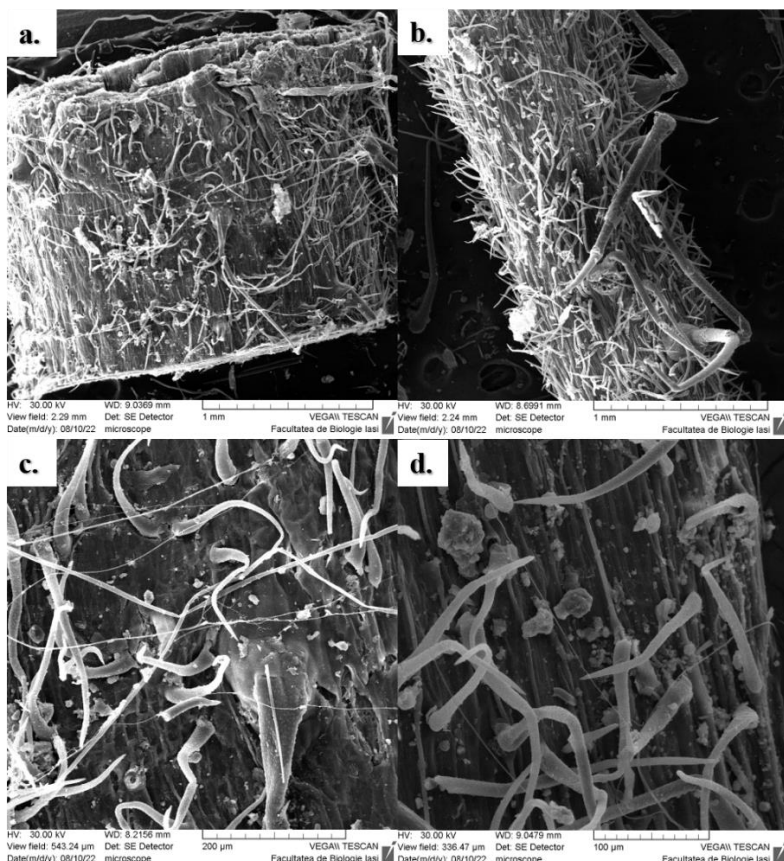


Fig. 4.3.3. Micromorfologia epidermei tulpinii de *Echium vulgare* L.: **a., b.:** imagine de ansamblu: cu dominanță perilor mai scurți; **c.** detalii păr lung cu rozetă bazală și peri scurți numeroși; **d.:** detalii peri scurți și celule epidermice alungite.

Ca urmare, tulpina prezintă un înveliș de peri bine dezvoltat, format predominant din peri protectori setiformi cu rozete bazale, caracteristic genului *Echium*. Densitatea ridicată a perilor și capacitatea acestora de a reține particule exogene contribuie la aspectul eterogen al suprafeței și pot avea rol protector împotriva factorilor de mediu și atacului erbivorelor.

Sepale

Analiza SEM a sepalelor evidențiază următoarele (**Fig. 4.3.4.**):

- un înveliș de peri foarte abundent/densitate foarte mare (predominant peri protectori scurți, rigizi, unicelulari, subulați, orientați în general către vârful sepalelor), dar și peri lungi, cu bază bază pluricelulară bine dezvoltată, formată din celule dispuse în rozetă; suprafața perilor este acoperită de o cuticulă cu depuneri minerale având aspect rugos sau fin granular;
- epiderma formată din celule cu contururi neregulate și pereți anticlinali evident undulați; suprafața externă a celulelor epidermice este acoperită de o cuticulă puternic cutată, care generează un microrelief accentuat;
- stomate relativ numeroase, în zonele cu mai puțini peri protectori, distribuite printre celulele epidermice.

În concluzie, sepalele prezintă cea mai mare densitate a perilor observată până în prezent la organele analizate. Asocierea dintre perii protectori numeroși, microrelieful cuticular cutat și prezența stomatelor oferă suprafeței sepalelor o mare complexitate structurală, superioară celei identificat la nivelul organelor vegetative. Aceste caracteristici confirmă rolul protector al sepalelor și cu tendința comună a speciilor de *Echium* de a dezvolta un înveliș des de peri pe elementele florale externe.

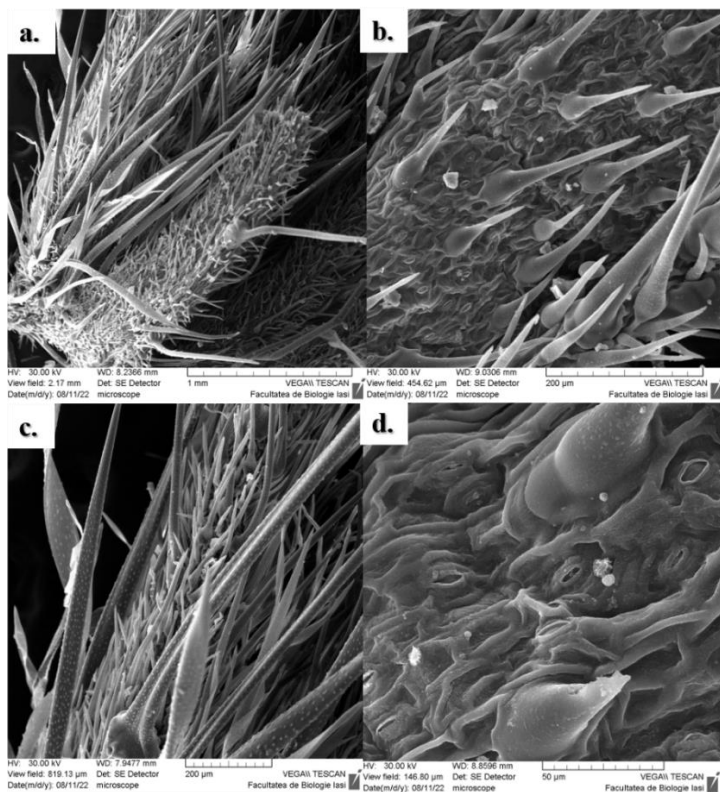


Fig. 4.3.4. Micromorfologia epidermei externe a sepalor de *Echium vulgare* L.: **a.**: Imagine de ansamblu cu numeroși peri cu dispoziție neregulată; **b.**: imagine cu peri protectori scurți și relief epicuticular al celulelor epidermice; **c.**: detalii păr lung cu ornamentații perietale; **d.**: imagine de detaliu cu peri protectori scurți și relief epicuticular al celulelor epidermice;

Petale

Analiza SEM a petalelor evidențiază diferențe între suprafața externă și cea internă a acestora:

- fața externă, în special la bază, este acoperită de peri protectori, distribuiți relativ uniform, contribuind la aspectul pubescent al acestora;

- fața internă prezintă un număr considerabil mai redus de peri, suprafața fiind dominată de celulele epidermice specializate.

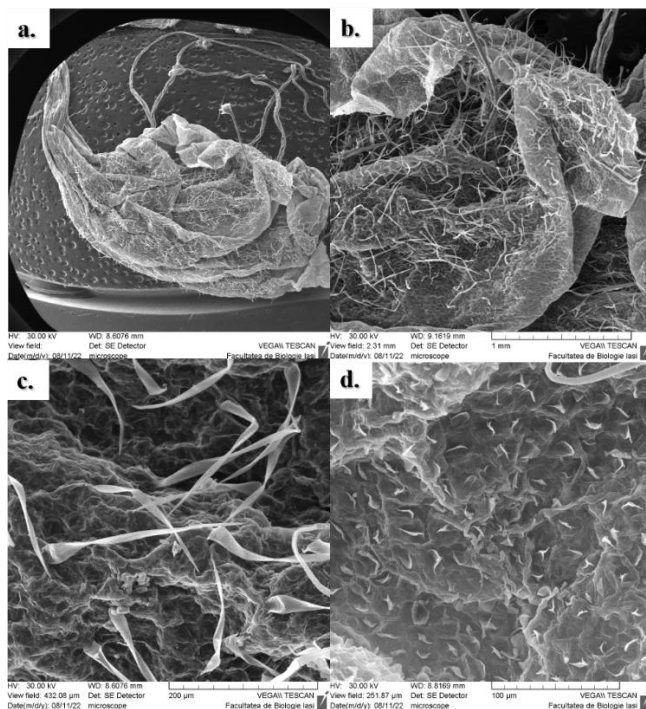


Fig. 4.3.5. Micromorfologia epidermei petalelor de *Echium vulgare* L.: **a.**: Imagine de ansamblu cu numeroși peri pe fața extern; **b.**: imagine cu aspectul feței externe a petalelor; **c.**: detalii cu conturul celulelor epidermice de la fața externă și peri lungi; **d.**: detalii cu conturul celulelor epidermice de la fața internă a petalelor.

Observațiile de detaliu scot în evidență:

- celule epidermice cu contururi neregulate și un microrelief complex;
 - peri, în general, mai subțiri decât cei întâlniți pe organele vegetative și pe sepale.

În concluzie, micromorfologia petalelor diferă de cea a organelor vegetative. Aceste diferențe țin de: reducerea densității perilor și prin prezența unor celule epidermice specializate - papiloase, care

contribuie la complexitatea suprafeței corolei. Aceste caracteristici sunt corelate cu rolul petalelor în interacțiunea cu polenizatorii și completează tabloul adaptărilor micromorfologice identificate la piesele florale de la specia *Echium vulgare*.

Stamine

Analiza SEM a staminelor scoate în evidență particularități specifice filamentelor și anterelor, precum și detalii relevante privind morfologia polenului (**Fig. 4.3.6.**).

Filamentele staminelor sunt alcătuite din celule epidermice alungite, dispuse longitudinal, dând acestora un aspect striat caracteristic; suprafața celulelor epidermice este relativ uniformă, fără ornamentații evidente comparabile cu cele observate la nivelul perilor protectori.

Zona de inserție dintre filament și anteră este bine delimitată și relativ extinsă, asigurând continuitatea morfo -structurală dintre cele două componente ale staminei.

Anterele apar alcătuite din două loje polinice, cu aspect frecvent colabat, probabil rezultat în urma dehiscentei și a procesului de pregătire pentru examinarea SEM. Suprafața externă a anterelor este puternic cutată, pliată, cu depresiuni și neregularități, dând anterelor un aspect granular și rugos - accentuat.

Polenul este prezent atât pe suprafața anterelor, cât și pe filamentele staminelor. Granulele de polen au formă predominant sferică, dimensiuni relativ uniforme și ornamentație fin granulară. Adesea, granulele de polen apar grupate pe antere, pe zonele puternic cutate ale anterei, după deschiderea acestora.

În ansamblu, microrelieful complex al suprafeței anterelor și a regiunii de inserție a filamentului pot favoriza reținerea temporară a granulelor de polen, după dehiscenta anterelor. În acest mod, se eficientează transportul polenului către agenții polenizatori, prin menținerea acestuia la nivelul piselor florale pentru o perioadă mai îndelungată.

În concluzie, staminele au o micromorfologie adaptată funcției acestora, caracterizată prin filamente cu suprafață longitudinal striată, antere cu relief epicuticular cutat și polen abundent, cu morfologie relativ uniformă. Aceste caracteristici completează ansamblul particularităților micromorfologice identificate la piesele florale de la *Echium vulgare* și scot în evidență complexitatea microstructurilor implicate în procesul de polenizare.

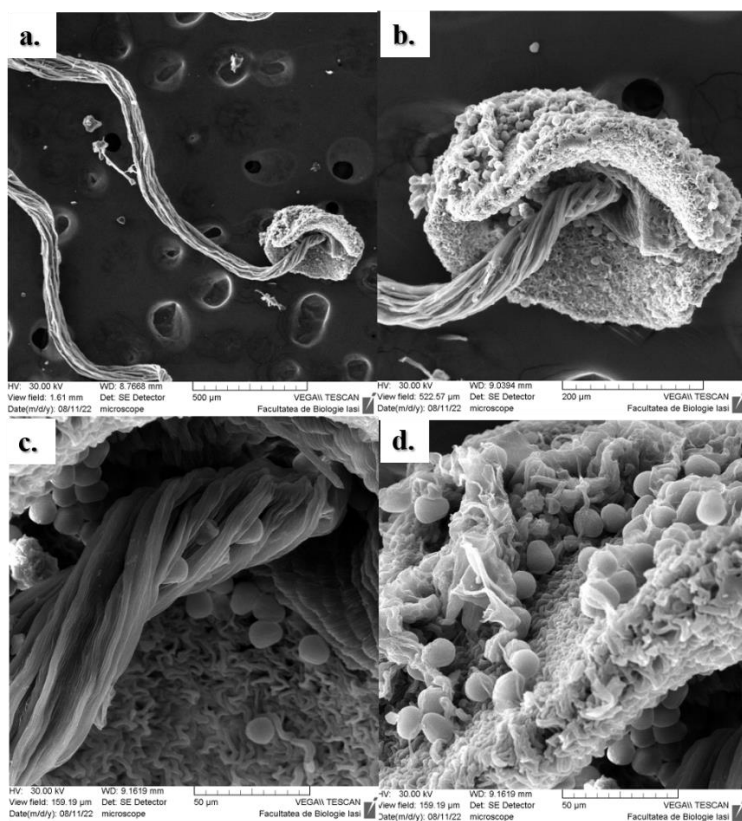


Fig. 4.3.6. Morfologia și micromorfologia staminelor de *Echium vulgare* L.: **a.:** Imagine de ansamblu: filament și anteră; **b.:** aspect general cu fața internă și externă a anterei cu granule de polen; **c.:** detaliu zonă de inserție a filamentului cu antera; **d.:** detalii cu conturul celulelor epidermice ale anterei și granule de polen.

IV.3.1.2. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la *Echium vulgare* L. fasciat – Valea lui David

În acest subcapitol sunt redată caracteristicile micromorfologice ale complexului periferic de la organe vegetative aeriene (frunză, tulpină, pe probe recoltate de la diferite niveluri ale acestora) și piese florale - sepale, petale, stamine. Au fost analizate particularități ale celulelor epidermice, perilor protectori și microstructurilor asociate acestora, precum și stomatelor de la un individ de *Echium vulgare* fasciat, recoltat de la o populație de la Valea lui David, județul Iași, în condițiile climatice ale anului 2022 la data de 30.06.

Frunza

Caracteristicile micromorfologice ale epidermei inferioare și a epidermei superioare, atât la nivelul bazal, cât și cel apical al limbului foliar, la individul fasciat de *Echium vulgare* sunt similare cu cele indentificate la indivizii normali (subcapitolul IV.3.1.2.). Perii protectori lungi, cu rozetă bazală și perii subulați sunt mai numeroși pe epiderma inferioară (Fig. 4.3.7.).

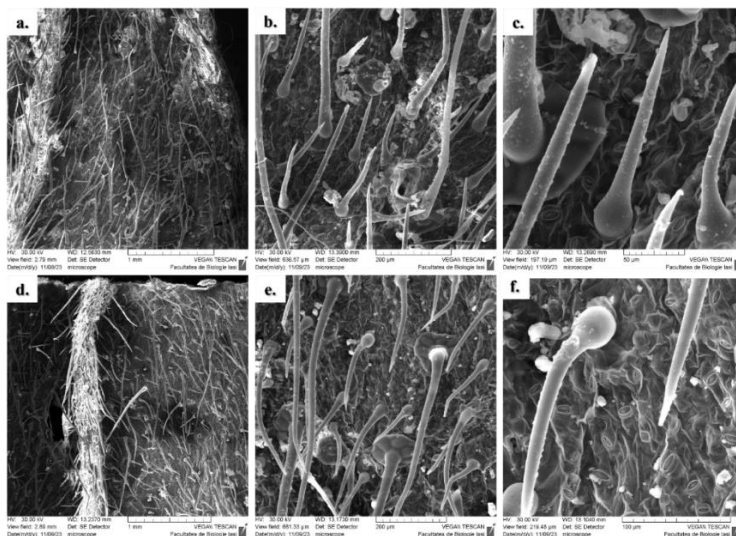


Fig. 4.3.7. Micromorfologia limbului foliar (nivel apical) de *Echium vulgare* L. – fasciat, recoltat de la Valea lui David – lași: **epiderma superioară**: a.: imagine de ansamblu: peri protectori; b.: imagine mărită: peri protectori subulați și rare depozite de material exogen; c.: detalii peri protectori subulați, cu ornamentații, stomate rare; **epiderma inferioară**: d.: imagine de ansamblu: peri protectori; e.: peri protectori subulați și un păr cu rozetă bazală; f.: detaliu păr protector subulat cu ornamentații epicuticulare; numeroase stomate, ușor deasupra celulelor epidermice; conturul celulelor epidermice bazale.

Tulpina

Suprafața tulpinii este asemănătoare cu cea a indivizilor normali (**Fig. 4.3.8.**).

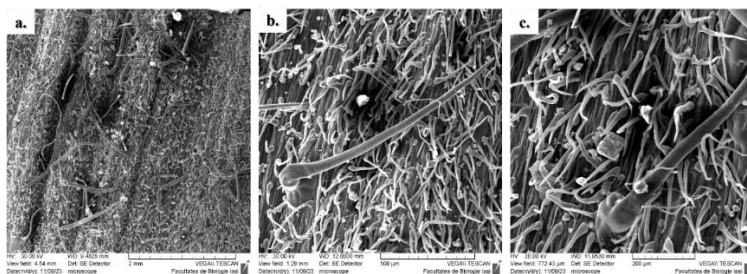


Fig. 4.3.8. Micromorfologia epidermei tulpinii de *Echium vulgare* L. – fasciat - recoltat de la Valea lui David - lași: a.: ansamblu de peri cu dispoziție neregulată; b.: numeroși peri protectori scurți și un păr protector lung; c.: detaliu: numeroși peri scurți și un păr protector lung cu rozetă bazală îngustă.

Sepalele, petalele și staminele prezintă caractere micromorfologice similare exemplarelor normale.

IV.3.1.3. Micromorfologia suprafețelor organelor vegetative și unor piese florale la *Echium italicum* L.- Agizea

În acest subcapitol sunt redată caracteristicile micromorfologice ale complexului periferic de la organe vegetative aeriene (frunză, tulpină, pe probe recoltate de la diferite niveluri ale acestora) și piese florale - sepale, petale, stamine.

Frunza

În privința micromorfologiei **epidermei superioare** de la vârful limbului (**Fig. 4.3.9. a., b., c.**)

La nivelul epidermei superioare perii predominanți sunt simpli, unicelulari, scurți și peri protectori lungi, unicelulari cu rozetă bazală de celule mai redusă ca extindere. Suprafața perilor protectori prezintă ornamentații tip fin granular. Suprafața celulelor epidermice este acoperită cu depuneri de natură exogenă.

În privința micromorfologiei **epidermei inferioare** de la **vârful limbului (Fig. 4.3.9. d., e., f.)**

La nivelul epidermei inferioare se găsesc numeroși peri proectori simpli, unicelulari, scurți și, din loc în loc, peri protectori lungi unicelulari cu rozetă bazală de celule (1-2 straturi). Suprafața perilor protectori scurți prezintă ornamentații de tip fin granular, iar perii protectori lungi, cu rozetă bazală prezintă ornamentații mai mari de tip tuberculat. Relieful bazal epicuticular de la baza perilor este neted; frecvent apar depozite de formă neregulată de material exogen,

În privința micromorfologiei **epidermei superioare** de la **baza limbului (Fig. 4.3.10. a., b., c.)**

La nivelul epidermei superioare se găsesc peri protectori mai lungi și mai rari decât în cazul suprafețelor analizate anterior; printre perii lungi apar și peri mai scurți, de asemenea, mai rari decât în alte cazuri. Peri au orientare spre vârful limbului, din loc în loc apar depuneri cuticulare cu aspect crustos, deasupra celulelor epidermice; stomatele par dispuse la nivelul extern al celulelor epidermice. Relieful cuticular are aspect neted deasupra celulelor care alcătuiesc rozeta bazală de inserție a perilor lungi; adesea apar pliuri longitudinale care par să delimiteze celulele epidermice bazale.

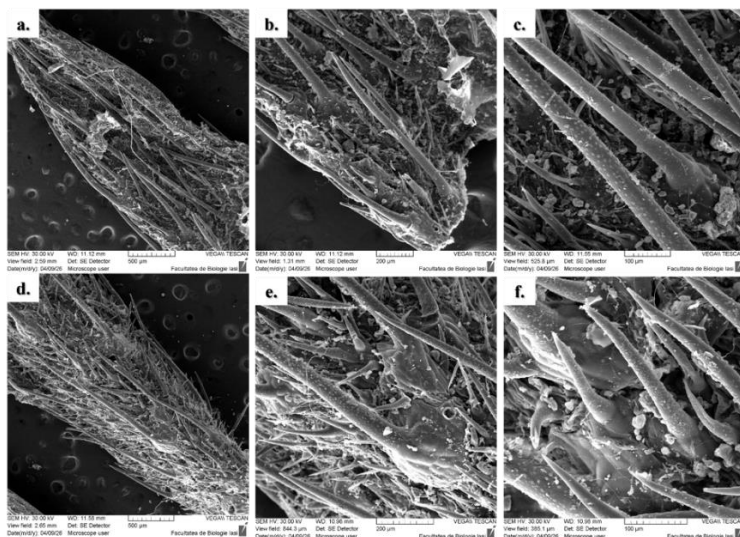


Fig. 4.3.9. Micromorfologia limbului foliar (nivel apical) de *Echium italicum* L. recoltat de la Agigea – Constanța: epiderma superioară: **a.**: imagine de ansamblu: domină peri protectori lungi orientați spre vârful limbului; **b.**: inserția simplă a perilor protectori de pe marginile limbului; **c.**: suprafața perilor lungi; peri scurți și depozite de material exogen; epiderma inferioară: **d.**: imagine de ansamblu: dominanța peri protectori lungi orientați spre vârful limbului; în plan secundar peri scurți; **e.**: detalii cu peri lungi - evidențierea rozetei bazale; în plan secundar – peri scurți; **f.**: detalii peri scurți cu suprafața ruгоasă; inserții peri lungi și scurți; depozite de material exogen.

În privința micromorfologiei **epidermei inferioare** de la **baza limbului** (Fig. 4.3.10. d., e., f.,)

La nivelul epidermei inferioare se găsesc numeroși peri protectori lungi unicelulari cu rozetă bazală de celule (1-2 straturi) și mai puțini peri simpli, scurți. Suprafața perilor protectori scurți prezintă ornamentații mici de tip fin granular, iar perii protectori lungi cu rozetă bazală prezintă ornamentații mai mari de tip tuberculat. Relieful bazal epicuticular are aspect gofrat și este acoperit, pe alocuri de depozite de formă neregulată de material exogen. Din loc în loc se observă stomate cu ostiole deschise.

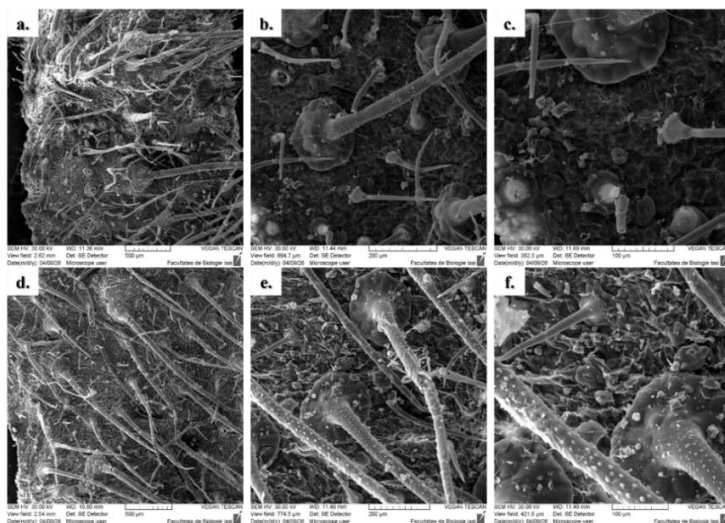


Fig. 4.3.10. Micromorfologia limbului foliar (nivel bazal) de *Echium italicum* L. recoltat de la Agigea – Constanța: **epiderma superioară:** **a.:** imagine de ansamblu: domină peri protectori scurți și mai puțini peri lungi cu rozetă bazală; **b.:** inserția simplă a perilor protectori scurți și rozeta bazală a perilor lungi; **c.:** detalii peri și relief epicuticular al celulelor epidermice; **epiderma inferioară:** **d.:** imagine de ansamblu cu numeroși peri lungi; **e.:** detalii peri lungi pereți cu ornamentații; evidențierea rozetei bazale; în plan secundar puțini peri scurți; **f.:** detalii peri lungi cu ornamentații; inserții peri lungi; depozite de material exogen; stomate ușor deasupra nivelului extern al celulelor epidermice.

Tulpina

La nivelul epidermei tulpinii (Fig. 4.3.11. a., b., c.), în imaginile de ansamblu, se observă un înveliș de peri, de lungime și grosime diferită, cu dispoziție neregulată. Se găsesc numeroși peri scurți și subțiri, cu ornamentații de tip fin granular. Perii protectori lungi cu rozetă bazală prezintă ornamentații mai mari, de tip tuberculat. Din loc în loc se observă și peri glandulari.

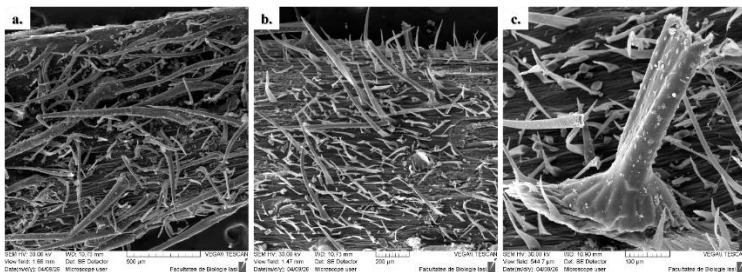


Fig. 4.3.11. Micromorfologia epidermei tulpinii de *Echium italicum* L. recoltat de la Agiea – Constanța: **a.**: peri cu dispoziție neregulată: de lungime și grosime diferită; **b.**: imagine de ansamblu: cu dominanța perilor mai scurți; **c.**: detalii păr lung cu rozetă bazală și peri scurți numeroși.

Conturul celulelor epidermice este alungit. Acestea sunt acoperite de cuticulă relativ netedă. Perii scurți, mai numeroși sunt adesea îndoiți. Peri lungi sunt mai rari. Se observă depuneri solide de forme și mărimi diferite (praf, detritus, spori sau polen).

Sepale

Sepalele (**Fig. 4.3.12. a., b., c.**) prezintă un înveliș des de peri, cu orientare spre vârful acestora. Epiderma prezintă celule de contur neregulat, cu pereți ondulați, cu relief cuticular puternic cutat. Perii protectori sunt rigizi, au forma conic-alungită (baza conică și vârful acut), suprafața fin granulară cu aspect bulbos, iar stomate sunt relativ numeroase, în zonele lipsite de perii protectori.

Sunt prezenți, de asemenea, peri groși, masivi. Conturul celulelor epidermice bazale este neregulat. Din loc în loc se observă particule sferice, cel mai probabil granule de polen.

Petale

Petalele (**Fig. 4.3.12. d., e., f.**) pe fața externă este acoperită de peri simpli unicelulari, iar fața internă a acestora prezintă mai puțini peri. Conturul celulelor epidermice este neregulat, probabil unele celule cu papile externe (în imagine sub forma de creste deshidratate – **Fig. 4.3.12. f.**).

Peri sunt lungi, aparent mai subțiri, colapsați, cu înveliș epicuticular granulat; nu este vizibilă rozeta bazală a acestora. Relief epidermic are

aspect neregulat, cu creste și depresiuni numeroase. Din loc în loc se observă depuneri solide de material inert.

Stamine

Stamina (**Fig. 4.3.14. g., h., i.**) prezintă un filament alungit, cu suprafața striată longitudinal. Antera este formată din 2 formațiuni colabate, cu suprafața granulară. Filamentul are suprafața striată longitudinal, cu aspect fibrilar.

Granulele de polen, au formă sferică și dimensiuni relativ uniforme, cu suprafața fin granulară. Polenul dispus pe o suprafață tisulară puternic cutată - corespunzătoare peretelui anterei după dehiscență.

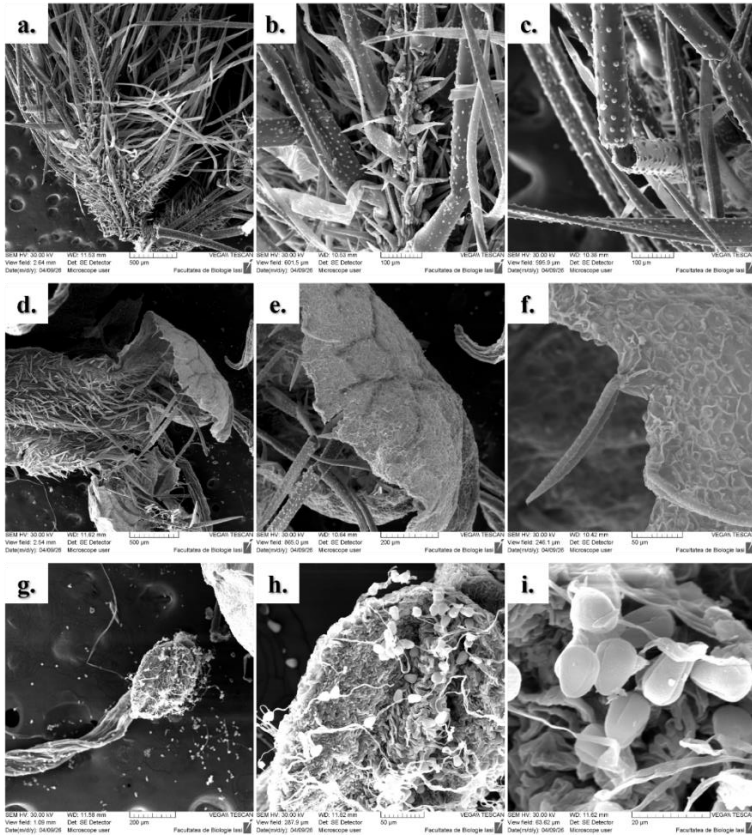


Fig. 4.3.12. Micromorfologia epidermei externe a sepalor de *Echium italicum* L. recoltat de la Agigea – Constanța: **a.**: Imagine de ansamblu cu numeroși peri cu dispoziție neregulată; **b.**: imagine cu dominanța perilor lungi cu ornamentații, în plan secundar – peri scurți; **c.**: detalii păr lung cu ornamentații perietale. Micromorfologia epidermei petalelor: **d.**: Imagine de ansamblu cu numeroși peri pe fața externă; **e.**: imagine cu apectul feței interne a petalelor; **f.**: detalii cu conturul celulelor epidermice de la față internă și păr lung de la fața externă a unei petale. Morfologia și micromorfologia staminelor: **g.**: Imagine de ansamblu: filament și anteră; **h.**: apect general cu fața externă a anterei cu granule de polen; **i.**: detalii cu conturul celulelor epidermice ale anterei și granule de polen.

IV. 3.2. Variabilitatea caracterelor micromorfologice ale organelor vegetative aeriene la *Echium vulgare* L. în diferite habitate din nord-estul României

Analiza micromorfologică calitativă a urmărit identificarea tipului și distribuției perilor, organizarea rozetelor bazale, ornamentația cuticulară, poziția stomatelor și particularitățile pereților anticlini ai celulelor epidermice, fiind completată cu scoruri semi-cantitative pentru evaluarea densității complexului protector. În paralel, analiza cantitativă a presupus măsurarea biometrică a dimensiunilor perilor protectori, a diametrului bazelor de inserție și al rozetelor epidermice, permițând calcularea unor indici sintetici utilizați în compararea gradului de dezvoltare a epidermei la nivelul diferitelor organe și populații. Prin integrarea observațiilor descriptive cu datele biometrice și indicii calculați, au fost puse în evidență atât caracterele de diagnoză stabile ale speciilor de *Echium*, cât și variabilitatea micromorfologică / plasticitatea adaptativă asociată condițiilor ecologice din habitatele analizate.

IV.3.2.1. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la Echium vulgare L. (punct de recoltare Suceava, Suceava)

Frunza

Epiderma **superioară** de la **vârful limbului** (Fig. 4.3.13. a., b., c.)

La nivelul epidermei superioare se găsesc numeroși peri protectori simpli, unicelulari, scurți, sesili de tip subulat și din loc în loc peri protectori lungi unicelulari, cu rozetă bazală de celule mai extinsă decât pe epiderma inferioară (alcătuită din celule dispuse radial pe 2 cercuri concentrice). Suprafața perilor protectori scurți prezintă ornamentații mici de tip fin – granular, iar perii protectori lungi cu rozetă bazală prezintă ornamentații mai mari de tip tuberculat. Se observă stomate, situate ușor sub nivelul celulelor epidermice, care au contur aproximativ poligonal și pereți anticlini undulați moderat. În rest, se pot observa rare depuneri de materia exogen.

Limb foliar – epiderma **inferioară** de la **vârful limbului** (Fig. 4.3.13. d., e., f.)

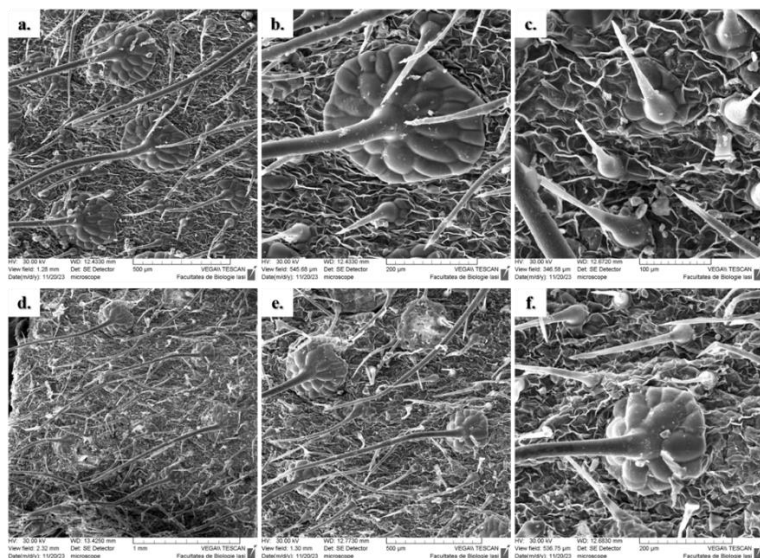


Fig. 4.3.13. Micromorfologia limbului foliar (nivel apical) de *Echium vulgare* L. recoltat de la Suceava – Suceava: **epiderma superioară**: **a.** imagine de ansamblu: peri protectori lungi și scurți; **b.** păr protector cu rozetă bazală bine dezvoltată, acoperită de cuticula relative netedă; **c.** conturul celulelor epidermice și peri protectori scurți; **epiderma inferioară**: **d.** imagine de ansamblu: peri protectori de lungimi și grosimi diferite; **e.** detaliu peri lungi și scurți; **f.** peri lungi cu rozetă bazală mai redusă decât pe epiderma superioară; peri scurți subulați, relief epicuticular epidermic.

Limb foliar – epiderma **superioară** de la baza limbului (Fig. 4.3.14. **a., b., c.**)

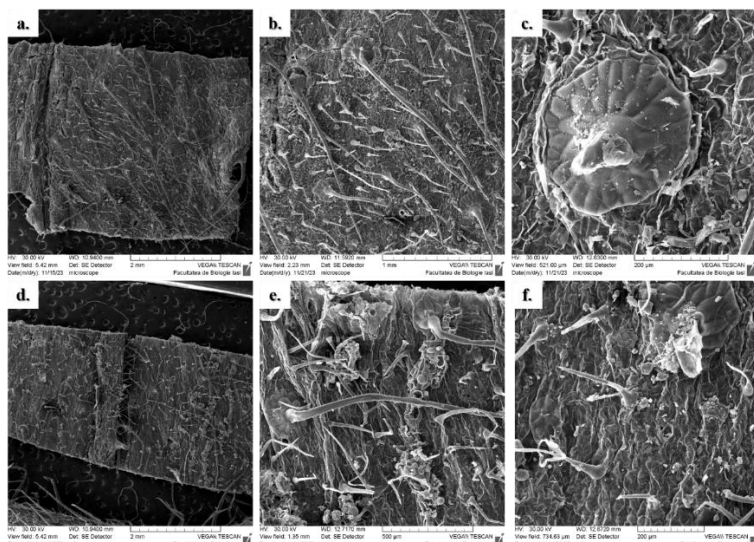


Fig. 4.3.14. Micromorfologia limbului foliar (nivel bazal) de *Echium vulgare* L. recoltat de la Suceava - Suceava: **a.**: peri protectori lungi cu rozetă bazală și peri scurți subulați; **b.**: peri lungi cu rozetă bazală dezvoltată și peri scurți subulați în plan secundar; depuneri de material exogen; **c.**: detaliu păr cu rozetă bazală și contur isodiametric, ușor ondulat al celulelor epidermice; **epiderma inferioară**: **d.**: imagine de ansamblu: dispoziția perilor pe nervură și limb; **e.**: detalii peri protectori cu rozetă bazală redusă și peri scurți subulați; **f.**: detaliu peri subulați.

Limb foliar – epiderma **inferioară** de la **baza limbului** (**Fig. 4.3.14. d., e., f.**)

Imaginile de ansamblu surprind aspectul perilor la nivelul unor nervuri și la nivelul zonelor vecine acestora. Perii prinși pe nervuri sunt numeroși, de lungimi și grosimi diferite (dar predomină cei de dimensiuni mici) cu orientare neuniformă. Zonele imediat învecinate nervurilor au un aspect mai regulat, neted, cu peri, predominant lungi cu orientare paralelă.

Stomatele sunt mai greu observabile la nivelul feței superioare decât la nivelul celei inferioare.

Ornamentațiile perilor sunt similare la nivelul ambelor epiderme.

Tulpina

La nivelul epidermei tulpinii (**Fig. 4.3.15.**), în imaginile de ansamblu, se observă un înveliș des de peri, de lungime și grosime diferită, cu dispoziție neregulată. Se găsesc numeroși peri scurți și subțiri, cu ornamentații de tip tuberculat-fin granular; și perii protectori lungi cu rozetă bazală ce prezintă ornamentații mai mari de tip tuberculat.

Conturul celulelor epidermice alungit, acoperit de cuticulă relativ netedă; peri scurți mai numeroși, adesea îndoiți, cu perete acoperit de cuticulă rugoasă; peri lungi mai rari, depuneri solide de forme și mărimi diferite (praf, detritus, spori sau polen).

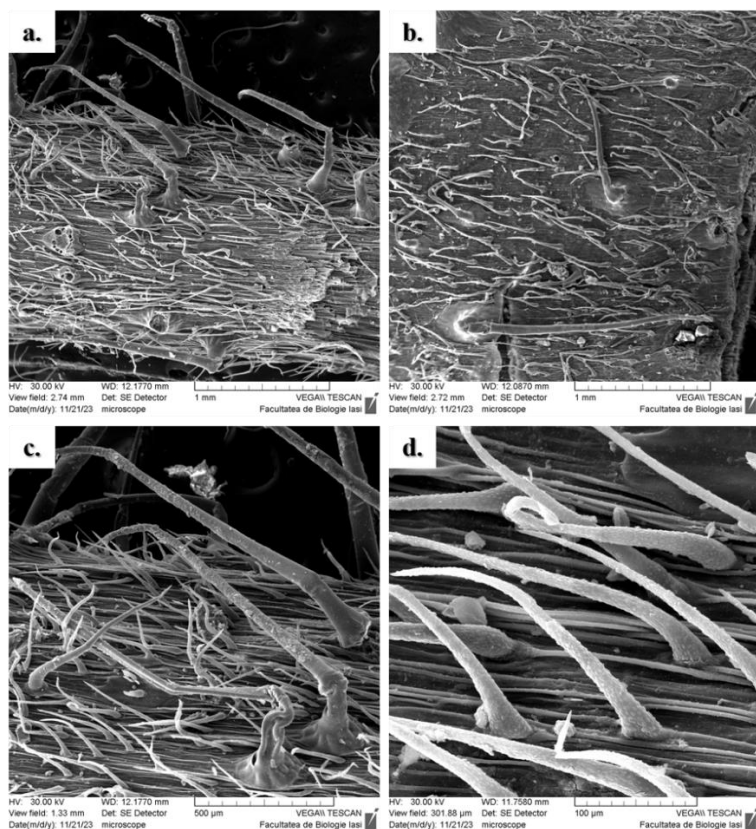


Fig. 4.3.15. Micromorfologia epidermei tulpinii de *Echium vulgare* L. recoltat de la Suceava - Suceava **a., b.:** ansamblu de peri scurți cu dispoziție paralelă și peri lungi cu rozetă bazală, dispuși neregulat; **c.** numeroși peri scurți și peri lungi cu rozetă bazală; **d.:** detalii peri relativ scurți, numeroși, fără rozetă bazală; alungit al celulelor epidermice.

Sepale

Sepalele (**Fig. 4.3.16. a.**) prezintă un înveliș des de peri cu orientare spre vârful acestora. Epiderma prezintă pereți ondulați cu celule de contur neregulat – suprafața puternic cutată, cu microrelief accentuat, peri protectori rigizi cu forma conic-alungită (baza conică

și vârful acut) cu suprafața fin granulară cu aspect de bulb; stomate relativ numeroase, în zonele lipsite de perii protectori.

Peri groși masivi și peri mai scurți cu baza măciucată; conturul celulelor epidermice bazale neregulat; din loc în loc particule sferice – posibil granule de polen.

Petale

Petalele (**Fig. 4.3.16. b., c., d.**) au fața externă acoperită de peri simpli unicelulari, iar fața internă a petalelor prezintă mai puțini peri. Conturul celulelor epidermice ale petalelor este neregulat, probabil unele celule cu papile externe (în imagine sub forma de creste deshidratate (**Fig. 4.3.16. d.**)).

Stamine

Staminele (**Fig. 4.3. 16. e., f.**) prezintă filamentul alungit, cu suprafața striat longitudinal; antera este formată din două formațiuni colabate, cu suprafața granulară.

Filamentul are structură alungită, cu suprafața striată longitudinal, cu aspect fibrilar; zona de inserție filament-anteră este relativ largă, suprafața anterei este puternic cutată, cu depresiuni și pliuri; polenul este sferic, relativ uniform, prevăzut atât pe anteră, cât și pe filament; microrelieful anterei și al zonei de inserție a filamentului contribuie la retenția temporară a polenului facilitând transferul către vectorii de polenizare.

Granulele de polen, au formă sferică și dimensiuni relativ uniforme, cu suprafața fin granulară. Polenul dispus pe o suprafață tisulară puternic cutată – corespunzătoare peretelui anterei după dehiscență.

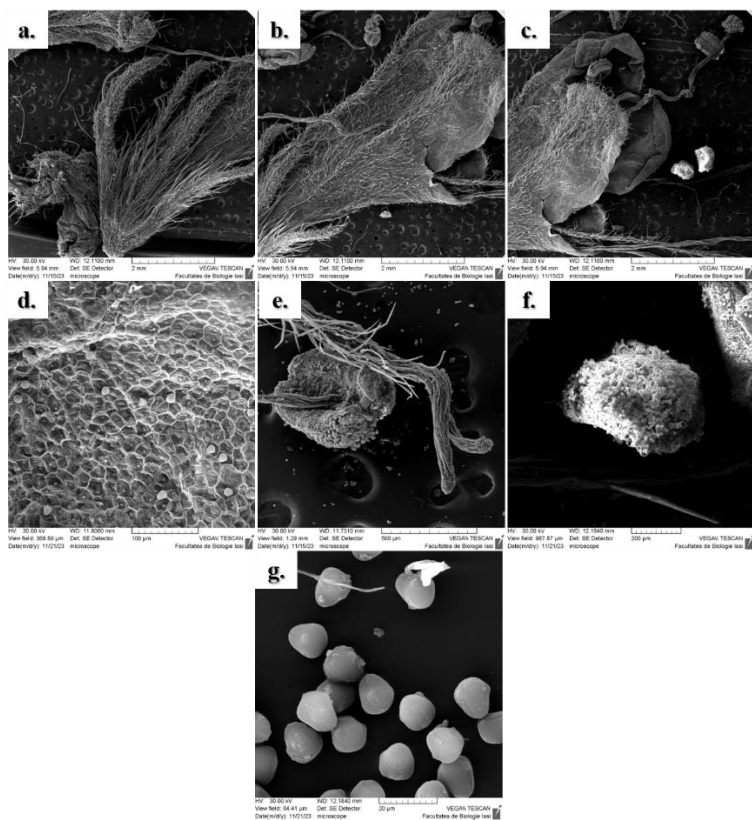


Fig. 4.3.16. Micromorfologia epidermei externe a sepalor de *Echim vulgare* L. recoltat de la Suceava - Suceava **a.**: Imagine de ansamblu sepal – față externă cu numeroși peri lungi și scurți. Micromorfologia epidermei petalelor.: **b.**, **c.**: Imagine de ansamblu față externă a petalei cu peri; **d.** imagine cu aspectul feței interne a petalei; Morfologia și micromorfologia staminelor: **e.** imagine de ansamblu a anterei pe față dorsală; **f.** imagine de ansamblu a anterei; **g.** granule de polen.

IV.3.2.2. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la Echium vulgare L. (puncte de recoltare: Bacău)

S-au analizat suprafețele epidermice ale limbului foliar (epiderma superioară și epiderma inferioară), tulpinii și ale unor elemente florale (sepale, petale, stamine) pentru *Echium vulgare* recoltat de la Bacău.

IV.3.2.3. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la Echium vulgare L. (puncte de recoltare: Borca, Neamț)

S-au analizat suprafețele epidermice ale limbului foliar (epiderma superioară și epiderma inferioară), tulpinii și ale unor elemente florale (sepale, petale, stamine) pentru *Echium vulgare* recoltat de la Borca, Neamț.

IV.3.2.4. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la Echium vulgare L. (puncte de recoltare: Băiceni, Botoșani)

S-au analizat suprafețele epidermice ale limbului foliar (epiderma superioară și epiderma inferioară), tulpinii și ale unor elemente florale (sepale, petale, stamine) pentru *Echium vulgare* recoltat de la Băiceni, Botoșani.

IV.3.2.5. Micromorfologia suprafețelor epidermice de la Echium vulgare L. (puncte de recoltare: Valea lui David, Iași)

S-au analizat suprafețele epidermice ale limbului foliar (epiderma superioară și epiderma inferioară), tulpinii și ale unor elemente florale (sepale, petale, stamine) pentru *Echium vulgare* recoltat de la Valea lui David, Iași.

Analiza comparativă a populațiilor de *Echium vulgare* din localități diferite evidențiază o stabilitate generală la nivel micromorfologic, însoțită de variații predominant cantitative asociate condițiilor din habitat. Astfel, exemplarele din populația Borca se remarcă printr-o densitate ridicată a perilor lungi și rozete bazale bine dezvoltate, cele de la Suceava prezintă o situație intermediară (peri robuști și rozete bine exprimate). La nivelul organelor, tulpina prezintă stabilitate în ceea ce privește lungimea perilor și diametrul bazelor, în timp ce frunza manifestă cea mai mare plasticitate micromorfologică, având variații considerabile între bază, mijloc și vârf. În ansamblu, în timp ce structura histo-anatomică (rădăcină, tulpină, frunză) prezintă o plasticitate ridicată și variații mari în proporțiile țesuturilor ca răspuns

la condițiile de mediu, micromorfologia epidermică este mult mai conservatoare, menținând constante tipologia perilor, prezența rozetelor pluricelulare și caracteristicile generale ale epidermei, diferențele dintre populații afectând în principal densitatea și dimensiunile perilor.

Analiza micromorfologică a suprafețelor pe bază de indici cantitativi

Indicii calculați pentru evaluarea comparativă a gradului de dezvoltare a învelișului de peri și a caracteristicilor epidermei la nivelul diferitelor organe de la exemplare de *Echium vulgare* din populații diferite sunt: indicele de robustețe (raportul dintre diametrul rozetei bazale și diametrul bazei perilor) indicele de protecție (lungime păr * densitate peri) și raportul dintre perii cu rozetă bazală și perii fără rozetă bazală.

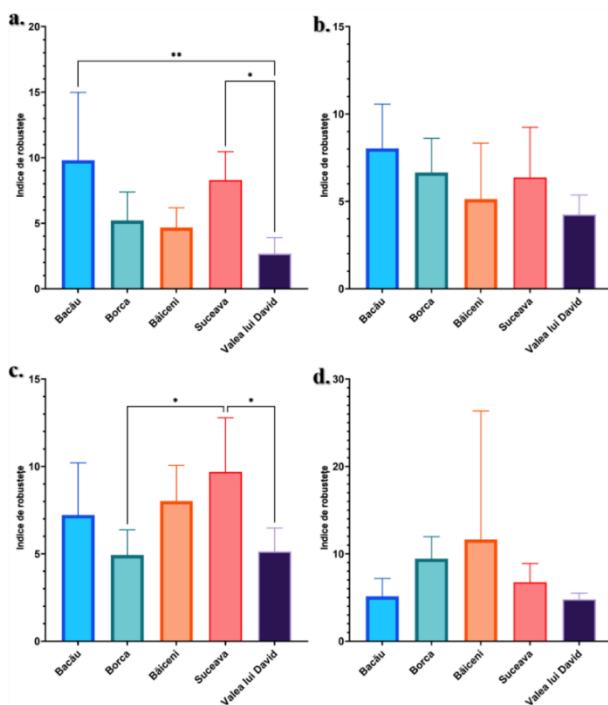


Fig. 4.3.17. Indicele de robustețe al perilor de la baza limbului foliar: **a.** epiderma superioară; **b.** epiderma inferioară; și de la vârful limbului: **c.** epiderma superioară; **d.** epiderma inferioară de la *Echium vulgare* L. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: * $p < 0,05$. Valorile fără stelute sunt ne semnificative statistic ($p \geq 0,05$).

Indicele de robustețe a prezentat valori mai mari la speciemenle recoltate de la Suceava la nivelul epidermei superioare la vârful limbului foliar și la nivelul sealelor (**Fig. 4.3.17.** și **4.3.19.**).

La speciemenle recoltate de la Borca valoarea indicelui de robustețe a fost mai mare la nivelul tulpinii, și similar cu cel de la Suceava pentru perii de la nivelul epidermei superioare de la vârful limbului foliar (**Fig. 4.3.18.**).

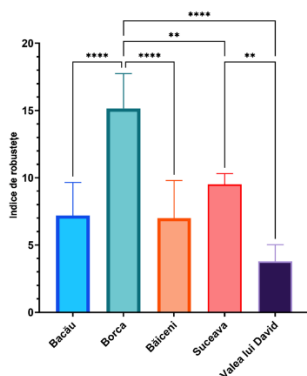


Fig. 4.3.18. Indicele de robustețe al perilor de pe tulpina de la *Echium vulgare* L. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: ** $p < 0,01$; **** $p < 0,0001$. Valorile fără stelute sunt ne semnificative statistic ($p \geq 0,05$).

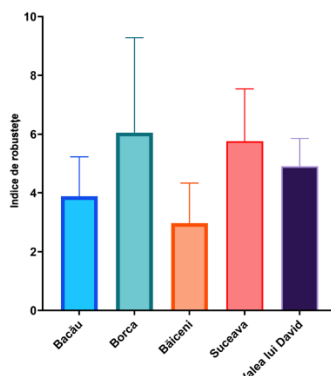


Fig. 4.3.19. Indicele de robustețe al perilor de pe seale de la *Echium vulgare* L. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Valorile fără stelute sunt ne semnificative statistic ($p \geq 0,05$).

Indicele de protecție al perilor protectori cu rozetă bazală a avut valori ridicate la speciemenle colectate de la Valea lui David la nivelul bazal al limbului, atât pe epiderma superioară cât și pe cea inferioară, și la vârful limbului pentru epiderma superioară. Pentru epiderma inferioară de la vârful limbului valoarea cea mai ridicată a fost la speciemenle colectate de la Borca.

Pentru perii fără rozetă bazală, indicele de protecție a avut valori mai mari la speciemenle recoltate de la Valea lui David la nivelul ambelor epiderme de la baza limbului; speciemenle de la Borca au avut valoarea cea mai mare pentru epiderma superioară a vârfului limbului; iar speciemenle de la Bacău pentru epiderma inferioară a vârfului limbului.

La nivelul tulpinii, indicele de protecție al perilor cu rozetă și al perilor fără rozetă a avut valori semnificative mai mari la Bacău.

La nivelul sealelor, idicele de protecție a avut valoarea semnificativă mai mică pentru perii fără rozetă la Suceava.

La nivelul limbului foliar, raportul dintre perii cu rozetă bazală și perii fără rozetă bazală a avut valori mai ridicate la speciemenle colectate de la Băiceni la baza și vârful limbului pe suprafața ambelor epiderme.

La nivelul tulpinii raportul dintre perii cu rozetă și cei fără rozetă a avut valori ridicate la speciemenle de la Borca și Suceava.

La nivelul sealelor, speciemenle recoltate de la Suceava au avut valoarea cea mai ridicată a raportului dintre perii cu rozetă și perii fără rozetă.

Din punct de vedere al specializării organo-specifice, se observă un rol bine definit pentru fiecare structură: frunza prezintă cea mai mare diversitate și plasticitate micromorfologică; tulpina dispune de un înveliș uniform și dens de peri; sealele dezvoltă cel mai dens strat protector de peri (inclusiv peri glandulari); petalele au o pubescență redusă și celule epidermice specializate; iar staminele prezintă un microrelief adaptează structural pentru reținerea și transferul polenului.

IV. 3.3. Micromorfologia suprafețelor nuculelor de *Echium vulgare* L., *Echium russicum* J.F.Gmel. și *Echium italicum* L. cu elemente de diferențiere taxonomică⁶

Fructele de *Echium* sunt numite, din punct de vedere botanic, nucule și sunt formate prin fragmentarea schizocarpă a gineceului bicarpelar în patru mericarpii monospermici. Morfologia și micromorfologia acestora prezintă relevanță taxonomică în cadrul familiei Boraginaceae, fiind utilizate frecvent pentru diferențierea speciilor și interpretarea relațiilor filogenetice dintre acestea (Selvi și Bigazzi, 2001; Bojnanský și Fargašová, 2007).

Cercetările noastre indică faptul că nuculele celor trei specii analizate prezintă același morfologie, caracteristică genului *Echium*, respectiv (**Fig. 4.3.**): formă trigonală, bază plată corespunzătoare hilului, față ventrală - plană sau ușor concavă și față dorsală - convexă. Cu toate acestea, dimensiunile și ornamentația suprafețelor sunt diferite și pe această bază se pot face diferențieri între specii, prezentate mai jos.

Analiza parametrilor biometrici ai nuculelor evidențiază o evoluție a dimensiunilor, de la *Echium russicum* la *Echium italicum*, atât pentru dimensiunile nuculelor, cât și pentru dezvoltarea carenei ventrale și a ornamentațiilor laterale. Între aceste 2 specii, *Echium vulgare* ocupă o poziție intermediară, funcție de parametrii menționați.

Dacă analizăm comparativ, apar gradat diferențe de complexitate la nivelul ornamentațiilor - de la *E. russicum* la *E. vulgare* și *E. italicum*. Nuculele de *E. russicum* se caracterizează prin dominanța ornamentațiilor mici și prin lipsa structurilor spinoase, nuculele de *E. vulgare* prezintă caractere intermediare, iar nuculele de *E. italicum* dezvoltă ornamentații spinoase puternice. Aceste caractere confirmă valoarea de diagnoză taxonomică a micromorfologiei nuculelor și susțin utilizarea acestora în studiile taxonomice și ecologice ale genului *Echium* (Sava și colab., 2023).

⁶ O parte din aceste date au fost publicate sub formă de rezumat:

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Costică, N., 2023. Research regarding the nutlets micromorphology of species belonging to the genus *Echium* L. (Boraginaceae family) *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 24(4): 239-240.

Valoarea taxonomică a caracterelor morfologice și micromorfologice ale nuculelor

Rezultatele obținute confirmă valoarea de diagnoză taxonomică a caracterelor morfologice și micromorfologice ale nuculelor în cadrul genului *Echium*, în deplină concordanță cu literatura de specialitate pentru familia Boraginaceae (Bojnanský și Fargašová, 2007; Ebadi și Nikzat, 2021; Gillani și colab., 2024; Selvi și Bigazzi, 2001).

IV. 3.4. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L.

În prima parte a acestui subcapitol prezentăm sinteza datelor din literatură, urmată de descrierea caracteristicilor histo-anatomice identificate la exemplare din zonele noastre de studiu.

În tratatele de sinteză dedicate anatomiei dicotiledonatelor, precum cel realizat de Metcalfe și Chalk (1950), sunt prezentate caracterele generale ale structurii organelor vegetative la Boraginaceae, alături de referiri izolate privind anatomia unor specii din genul *Echium*.

Carlquist (1970) realizează o interpretare funcțională și ecologică a structurii anatomice la specii de dicotiledonate, dintre care reținem: vasele de lemn sunt mai numeroase și mai înguste la speciile de *Echium* din habitate mediteraneene, astfel reducându-se riscul de embolizare în condiții de deficit hidric.

Sofian (2003) descrie anatomia organelor vegetative de la *Echium russicum* J.F. Gmel. (sin. *Echium rubrum* Jacq.), datele sale fiind în concordanță cu cele publicate de Metcalfe și Chalk privind caracterele generale ale genului, cu specificități legate de dezvoltarea cantitativă diferită a tipurilor principale de țesuturi la taxonii investigați.

Cercetările realizate asupra organelor vegetative de Ifrim și Toniuc (2006) la specii aparținând genurilor *Borago*, *Cerinthe* și *Echium* din flora României au scos în evidență pentru *Echium vulgare* și *Echium russicum* la nivelul limbului foliar caracteristici privind: conturul celulelor epidermice, tipul stomatelor: anomocitic (ranunculaceu) la *E. russicum* și anizocitic (crucifer) la *E. vulgare*, cu

frecvență mai ridicată pe epiderma inferioară; tipul perilor protectori: peri tectori unicelulari lungi, cu vârful ascuțit, cu pereții îngroșați susținuți la bază de un soclu puternic format din celulele epidermice ce au pereții drepți și îngroșați și peri unicelulari foarte scurți, conici, cu vârful ușor încovoiat și cu suprafața rugoasă.

La nivel internațional, studiile asupra genului *Echium* au vizat atât aspecte morfologice, cât și anatomice, fiind adesea corelate cu distribuția geografică și particularitățile ecologice ale taxonilor. Astfel, unele cercetări au fost dedicate speciilor endemice din regiuni precum Insulele Capului Verde (Romeiras și colab., 2008) sau Macronezia (Aldridge, 1981), iar abordări mai recente includ și analize moleculare pentru elucidarea relațiilor filogenetice dintre taxoni (Cohen, 2014).

Într-un studiu de referință privind anatomia și evoluția speciilor macaroneziene de *Echium*, Aldridge (1981) a analizat caracteristicile anatomice ale mai multor taxoni din Insulele Canare, Madeira și Capul Verde, urmărind relația dintre structura internă a organelor vegetative și adaptarea la condițiile ecologice specifice mediului insular.

Sava și colab., 2019 au deschis histo-anatomic organele vegetative (rizom, tulpină, limb foliar) de la *Echium russicum* și au efectuat măsurători ale parametrilor histologici la indivizii recoltați din Sărăturile din Valea Ilenei, județul Iași.

IV.3.4.1. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la Echium vulgare L.

În vederea evidențierii particularităților structurale ale organelor vegetative (rădăcină, tulpină și frunză) au fost efectuate secțiuni transversale la indivizi aparținând speciei *Echium vulgare*, recoltați din stațiunea Suceava, la data de 12.07.2022. Secțiunile, pentru fiecare dintre aceste organe, au fost realizate la trei niveluri diferite (bazal, median și apical). Pentru frunză au fost efectuate secțiuni atât la nivelul nervurii mediane, cât și la nivelul limb foliar - între nervuri.

În ceea ce urmează sunt prezentate descriptiv particularitățile histo - anatomice ale fiecărui organ, urmărindu-se modificările care apar de-a lungul acestora, de la bază la vârf. În ansamblu, au fost

analizate și descrise țesuturile protectoare, parenchimatice, mecanice și conducătoare, modul de organizare al acestora și gradul lor de dezvoltare.

Această parte a cercetărilor noastre urmărește caracterizarea structurală a speciei și relațiile dintre structura și funcțiile îndeplinite de diferitele sale organe. Pornind de la această descriere de bază a caracterelor anatomice specifice se vor realiza ulterior analize comparative pentru identificarea variabilității anatomice a populațiilor de *Echium vulgare* provenite din habitate diferite din nord – estul României.

Rădăcina

Rădăcina principală

Pentru studiul rădăcinii, la fiecare dintre secțiunile transversale analizate pe cele trei niveluri, au fost descrise: conturul secțiunii, particularitățile peridermei, scoarței și cilindrului central (liber, cambiu, lemn și raporturile dintre acestea), măduva. În cele ce urmează se pot urmări imagini selectate după secțiunile realizate, atât pentru rădăcina principală, cât și pentru rădăcinile laterale.

Rădăcina principală (nivel bazal)

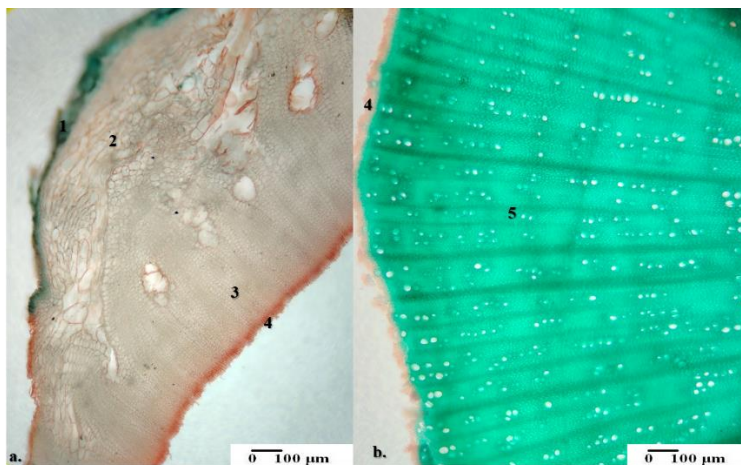


Fig. 4.3.20. Secțiune transversală prin nivelul bazal al rădăcinii principale de *Echium vulgare* L: **a.** Fragment din zona externă: peridermă (1), scoarță (2), liber secundar (3), cambiu inelar (4); discontinuități tisulare (ob. 4x10); **b.** Fragment din zona internă a cilindrului central: inel de lemn secundar (5) delimitat de o zonă subțire de cambiu (4) - în continuarea celui care se află la fața internă a liberului secundar din imaginea anterioară (ob. 4x10).

Din imaginile de mai sus (**Fig. 4.3.20.**), se poate observa următoarele caracteristici:

- Conturul secțiunii transversale este *circular, relativ regulat*, prezentând depresiuni periferice, uneori mai pronunțate.

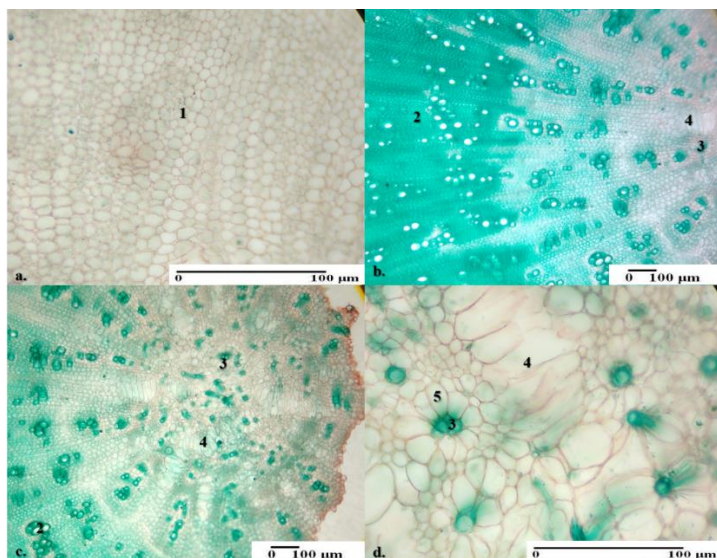


Fig. 4.3.21. Secțiune transversală prin nivelul bazal al rădăcinii principale: **a.** Detaliu din cilindrul central: fragment de liber secundar (1) (ob. 20x10); **b., c.** Detalii din cilindrul central: lemn secundar (2), lemn primar (3) și măduvă (4) (ob. 4x10); **d.** Vase de lemn primar separate de celule parenchimatice alungite radial (5) (ob. 20x10).

Cilindrul central este foarte bine dezvoltat, ocupând cea mai mare parte a secțiunii și reflectând dominanța dezvoltării țesuturilor conducătoare secundare (**Fig. 4.3.20., 4.3.21.**).

În concluzie, rădăcina principală de *Echium vulgare*, analizată la nivel bazal are structură secundară tipică - cu dezvoltarea, atât a

țesuturilor protectoare secundare, cât mai ales a celor conducătoare, ceea ce denotă a activitate evidentă a meristemelor secundare, mai ales a cambiumului.

Rădăcina principală (nivel median)

La acest nivel, rădăcina are același plan de organizare ca și la nivel bazal, cu următoarele particularități, care sunt redată mai jos.

Conturul secțiunii transversale este circular, prezentând local zone exfoliate ale țesuturilor protectoare secundare. Diametrul secțiunii este dificil de estimat exact din sectoarele analizate, dar pare să fie mai redus decât la nivel bazal, indicând o rădăcină principală aflată într-un stadiu intermediar spre avansat de creștere secundară. De la exteriorul spre interiorul fragmentului secționat, distingem:

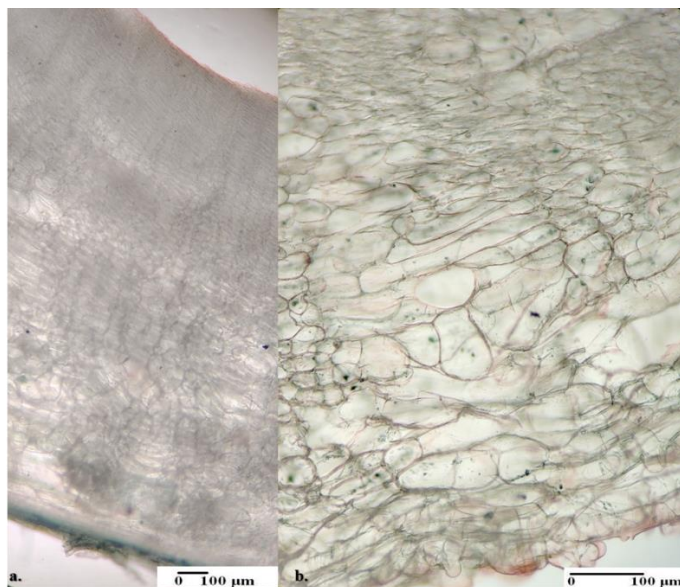


Fig. 4.3.22. Secțiune transversală prin nivelul median al rădăcinii principale: **a.** Fragment din zona externă a rădăcinii de *Echium vulgare*, la nivel median: peridermă, scoarță, liber secundar, zonă de delimitare cambială (ob. 4x10); **b.** Fragment de scoarță: celule parenchimatică de formă și orientări diferite; lipsă discontinuități tisulare (ob. 10x10).

Cilindrul central este bine dezvoltat, ocupând cea mai mare parte a secțiunii și reflectând predominanța țesuturilor conducătoare secundare (**Fig. 4.3.23.**).

Zona cambială, situată între xilemul și floemul secundar, este dificil de delimitat celular, dar clar identificabilă topografic (**Fig. 4.3.23. a., c.**)

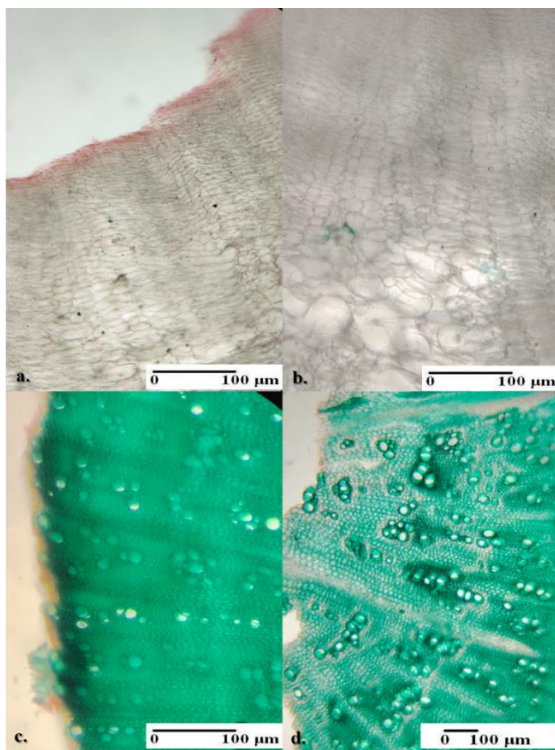


Fig. 4.3.23. Secțiune transversală prin nivelul median al rădăcinii principale: a. Fragment din cilindrul central: zonă de liber secundar, cu delimitare cambială (ob. 10x10).; b. Detalii liber secundar, delimitare spre scoarță (ob. 10x10).; c. Fragment din cilindrul central: zonă de lemn secundar, cu delimitare cambială (ob. 10x10).. d. Fragment din cilindrul central: zonă de lemn secundar și primar, cu delimitare medulară(ob. 4x10).

Rădăcina principală (vârf)

Extremitatea apicală a rădăcinii principale urmărește același tipar descriptiv, ca și la nivelurile anterioare de analiză.

Rădăcinile laterale

În continuare este analizată structura rădăcinilor laterale de *Echium vulgare*, pe secțiuni transversale, efectuate la nivel median, cu evidențierea planului general de structură și a particularităților țesuturilor componente.

Conturul secțiunii transversale este circular, relativ regulat, cu ușoare și rare depresiuni periferice. Diametrul este relativ uniform, sugerând o rădăcină laterală aflată într-un stadiu moderat de creștere secundară (**Fig. 4.3.24. a.**).

De la exteriorul spre interiorul secțiunii, distingem:

Periderma

Scoarța

Cilindrul central (**Fig. 4.3.24. a., b.**) este reativ bine dezvoltat, ocupând mare parte din diametrul secțiunii.

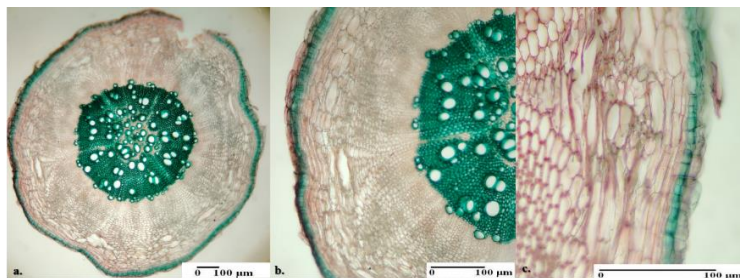


Fig. 4.3.24. Secțiune transversală prin rădăcina laterală: **a.** Imagine de ansamblu: peridermă, scoarță, cilindrul central; discontinuități tisulare periferice (ob. 4x10); **b.** Sector din secțiunea transversală cu: fragmente de peridermă, scoarță, cilindrul central (ob. 10x10); **c.** Detaliu din zona externă: peridermă, scoarță, zonă externă din inelul de liber (ob. 20x10).

Tulpina

În cazul tulpinii au fost analizate, de asemenea, secțiuni transversale la baza, mijlocul și vârful acesteia, cu descrierea: conturul secțiunii, particularităților epidermei, scoarței și cilindrului central. În cele ce urmează se pot urmări imagini selectate după secțiunile realizate și descrierile acestora.

Tulpina (nivel bazal)

Conturul secțiunii transversale este *circular*, relativ regulat, prezentând local denivelări determinate de prezența rozetelor bazale ale perilor protectori lungi, cistolitici. Diametrul secțiunii este relativ mare, corespunzător unui *nivel bazal al tulpinii*, cu diferențiere tisulară avansată (**Fig. 4.3.25. a.**).

Cilindrul central (**Fig. 4.3.25. a., b.**) este gros și format din: un *inel continuu de liber secundar*; *zonă de lemn*, *cambiu libero-lemnos*.

Tulpina (nivel median)

La acest nivel, conturul secțiunii transversale este *circular*, relativ regulat, prezentând mai rar *rupturi sau discontinuități tisulare*. Diametrul secțiunii este mai redus decât la nivel bazal, corespunzător *unui grad mediu diferențiere tisulară*.

Tulpina (vârf)

Conturul secțiunii transversale este *circular*, relativ regulat, prezentând extrem de rar *discontinuități tisulare*. Diametrul secțiunii este mult mai redus decât la nivel median, corespunzător *unui grad incipient spre mediu de diferențiere tisulară*.

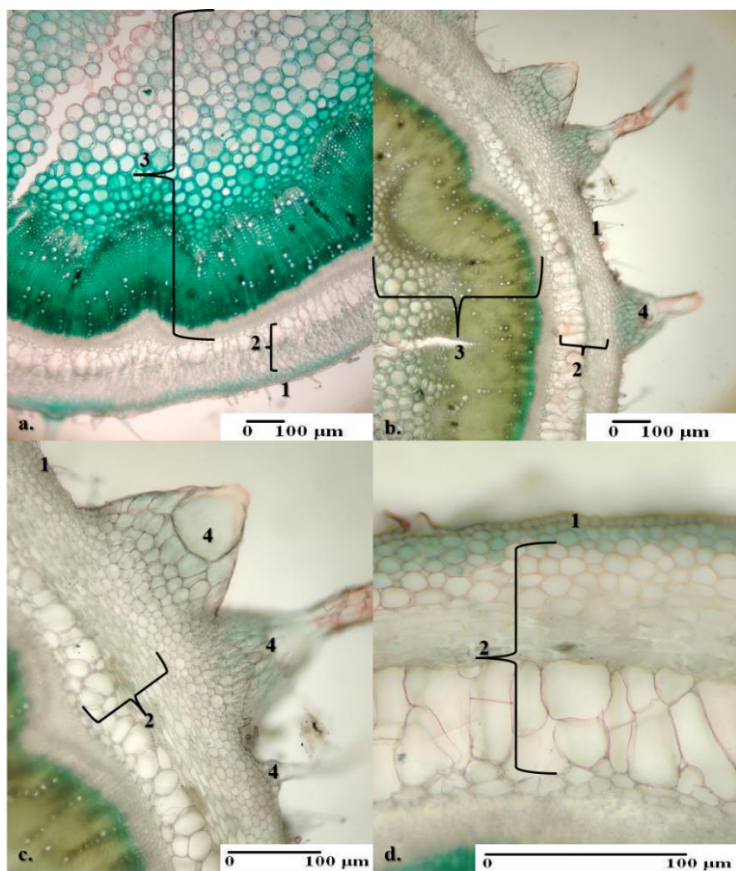


Fig. 4.3.25. Secțiune transversală prin nivelul bazal al tulpinii: **a.** Sector din secțiunea transversală: epidermă (1), scoarță (2), cilindrul central (3) (ob. 4x10); **b.** Detaliu de sector: epidermă (1), scoarță (2), cilindrul central (3) (ob. 4x10); **c.** Detalii – epidermă (1) cu peri protectori (4) și scoarță (2) (ob. 10x10); **d.** Detalii: epidermă (1), scoarță (2) (ob. 20x10).

Frunza (nivel bazal)

Structura frunzei (nivel bazal) este descrisă, de asemenea la trei niveluri (bază, mijloc, vârf) atât la nivelul nervurii mediane, cât și la nivelul limbului, între nervuri (**Fig. 4.3.26.**)

În dreptul nervurii mediane

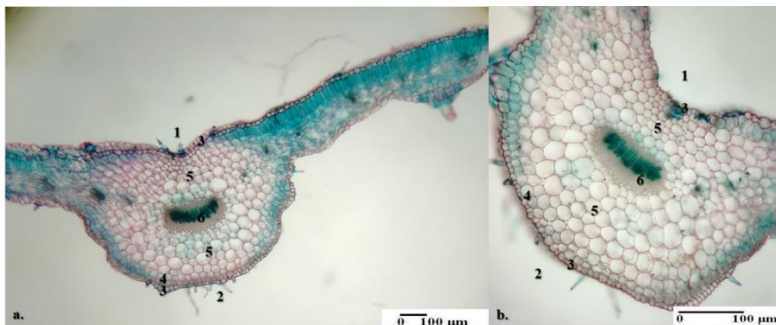


Fig. 4.3.26. Secțiune transversală prin frunză la nivel bazal în dreptul nervurii mediane: **a.** Imagine de ansamblu: față adaxială (1), față abaxială (2), epidermă (3), hipodermă (4), parenchim fundamental (5), fascicul conducător (6) (ob. 4x10); **b.** Detaliu: față adaxială (1), față abaxială (2), epidermă (3), hipodermă (4), parenchim fundamental (5), fascicul conducător (6). (ob. 10x10).

Analiza secțiunilor la acest nivel a permis observarea și descrierea următoarelor particularități structurale (**Fig. 4.3.26.**):

- *conturul secțiunii transversale* are simetrie bilaterală, cu nervura mediană având o zonă centrală proeminentă și două extensii laterale, corespunzătoare limbului foliar. Fața adaxială a nervurii mediane (superioară) este ușor concavă, iar fața abaxială (inferioară) este convexă.
- *epiderma* la fața adaxială și la cea abaxială este alcătuită, în general, din celule izodiametrice, acoperite de cuticulă vizibilă.
- *hipodermă*: subepidermic se observă celule de dimensiuni mai mici, cu pereții celulari ușor îngroșați.
- *parenchimul fundamental* - ocupă cea mai mare parte din suprafața secțiunii și este alcătuit din celule mai mari adaxial, cu pereți subțiri..

- *fascicule conducătoare*: regiunea centrală conține un fascicul conducător alungit tangențial, de tip colateral, cu xilemul orientat spre fața adaxială și floemul spre fața abaxială.

Limbul foliar(între nervuri)

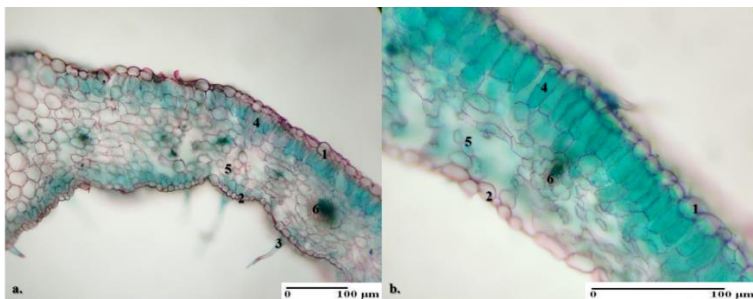


Fig. 4.3.27. Secțiune transversală prin nivelul bazal al limbului foliar: **a.** Imagine prin limbul foliar, în apropierea nervurii mediane, nivel bazal: epidermă superioară (la fața adaxială) (1), epidermă inferioară (la fața abaxială) (2), peri protectori (3), mezofil: țesut palisadic la fața superioară (4); țesut lacunos la fața inferioară (5); fascicule conducătoare laterale (secundare) (6) (ob. 10x10); **b.** Aspect de detaliu: epidermă superioară (la fața adaxială) (1), epidermă inferioară (la fața abaxială) (2), mezofil: țesut palisadic la fața superioară (4); țesut lacunos (5), fascicul conducător lateral (6) (ob. 20x10).

Din imaginile de mai sus (**Fig. 4.3.27. a.,b.**) se pot identifica caracteristici structurale ale limbului foliar descrise mai jos.

- *conturul secțiunii transversale* este relativ uniform și subțire, cu ușoare undulații la nivel abaxial.

Mezofilul este diferențiat în: țesut palisadic și țesut lacunos.

Ca urmare, limbul foliar prezintă o *structură bifacială (heterofacială)*, cu *dorsi – ventralitate normală*. În anumite zone ale limbului se observă peri protectori de dimensiuni mai mari, rigizi, sprijiniți de o rozetă bazală de celule, conferind frunzelor aspectul aspru păros, caracteristic speciilor din familia Boraginaceae.

Frunza (nivel median)

În dreptul nervurii mediane

Conturul secțiunii transversale își menține simetria bilaterală, nervura mediană formând o zonă centrală proeminentă spre fața abaxială și două extensii laterale corespunzătoare limbului foliar. Fața adaxială a nervurii mediane (superioară) prezintă, pe unele secțiuni, o concavitate mai accentuată decât la nivel bazal, iar pe altele aceasta este mai redusă. De asemenea, convexitatea abaxială a nervurii mediane variază, fiind mai accentuată pe unele secțiuni.

Limb foliar (între nervuri)

Conturul secțiunii transversale este relativ uniform și subțire, cu ușoare neregularități, determinate de prezența soclului pluricelular al unor peri protectori masivi cistolitici la bază.

Și la acest nivel, limb foliar prezintă o *structură bifacială (heterofacială)*, cu dorsi – ventralitate normală.

Frunza (nivel apical)

În dreptul nervurii mediane

Conturul secțiunii transversale își menține simetria bilaterală, însă nervura mediană este mult redusă ca dezvoltare, proeminența abaxială fiind mai slab exprimată.

Limb foliar (între nervuri)

Conturul secțiunii transversale este subțire, cu proeminențe și adâncituri, mai ales la fața inferioară.

Ca urmare, limb foliar prezintă o structură predominant *bifacială (heterofacială)*, cu diferențiere evidentă între țesutul palisadic și țesutul lacunos.

Rezultate și discuții

Analiza secțiunilor transversale efectuate la trei niveluri prin organe vegetative ale exemplarelor de *Echium vulgare* din stațiunea Suceava confirmă că planul general de organizare structurală este caracteristic fiecărui organ și se menține pe întreaga sa lungime,

variațiile de la un nivel la altul fiind predominant cantitative și determinate de dinamica creșterii și diferențierii celulare.

Rădăcina principală prezintă o structură secundară bine dezvoltată, definită prin extinderea peridermei și a cilindrului central, unde liberul secundar formează un inel continuu, iar lemnul secundar un masiv central.

Rădăcinile laterale reflectă un stadiu mai puțin avansat de dezvoltare ontogenetică, având periderma în curs de diferențiere pe alocuri, o scoarță relativ bine dezvoltată, un cilindru central mai subțire și discontinuități tisulare mult mai rare.

Tulpina: Prezintă o reducere treptată a diametrului de la bază spre vârf, determinată de subțierea scoarței și de scăderea gradului de dezvoltare a cilindrului central cu structură secundară. Spre zona apicală, inelele de liber și lemn devin mai subțiri, numărul și diametrul vaselor lemnoase scad, iar gradul de lignificare se diminuează. Zona medulară parenchimatică este bine dezvoltată bazal (unde prezintă discontinuități tisulare) și dispare la nivel apical, reflectând un gradient ontogenetic clar de maturare (baza având un stadiu avansat, iar vârful fiind mai tânăr). Spre deosebire de rădăcină (unde structura secundară apare concomitent la nivelul țesuturilor protectoare și conducătoare), la tulpină structura secundară se edifică mai întâi în cilindrul central. Astfel, țesutul protector rămâne inițial primar (epiderma), începând să se exfolieze la nivel median pe măsură ce se diferențiază felogenul care generează suberul.

Frunza: Păstrează un plan general bifacial (heterofacial) dorsiventral, având țesut palisadic la fața superioară și țesut lacunos la cea inferioară. Spre vârful limbului se observă o tendință spre o structură ecvifacială (aparitia țesutului palisadic și la fața abaxială), cel mai probabil ca o adaptare la poziția frunzei pe tulpină în raport cu lumina. Nervura mediană, fasciculul conducător central, parenchimul fundamental și țesuturile de susținere mecanică (hipoderma și teaca perifasciculară) își reduc progresiv dimensiunile de la bază spre vârf.

Anexe epidermice: Elementul constant pe suprafața ambelor organe este indumentul format din peri protectori simpli unicelulari (sesili sau susținuți de rozete epidermice pluricelulare) și peri secretori rari cu celulă terminală

măciucată. Stomatele au fost dificil de identificat în secțiuni transversale, fiind analizate în detaliu prin microscopie electronică (SEM).

Ca urmare, frunza de *Echium vulgare* prezintă diferențe structurale de la bază la vârf, caracterizate prin reducerea progresivă a dezvoltării nervurii mediane, a grosimii mezofilului și a dimensiunii fasciculelor conducătoare, fără modificarea planului general de structură. Diferențele dintre nivelurile analizate sunt predominant cantitative și reflectă procesele de creștere și specializare funcțională a țesuturilor frunzei.

IV.3.4.2. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la Echium vulgare L. fasciat⁷

Fasciația reprezintă o deformare morfologică caracterizată prin aplatizarea, respectiv lățirea organelor plantelor. Cel mai frecvent apare la nivelul tulpinii, situație în care meristemul apical caulinar capătă un aspect neobișnuit de bandă sau de linie meristematică. Denumirea fenomenului provine din latinescu *fascis*= mănunchi sau legătură.

Un exemplar de *Echium vulgare* fasciat (**Fig. 4.3.62.**) a fost identificat la Valea lui David, județul Iași în condițiile anului 2022. Din punct de vedere morfologic individul botanic are o tulpină mult aplatizată transversal, cu frunze mai numeroase și inflorescențe deformată..

Rădăcina

Rădăcina își păstrează în mare parte structura normală. Apar zone de diferențiere a peridermei, o scoarță relativ subțire cu discontinuități tisulare.

Tulpina

⁷ O parte din aceste date au fost comunicate la **Trends in Biology: from molecules to complex systems 2026**, 15-18 octombrie 2026, în lucrarea cu titlul: A case of fasciation in *Echium vulgare* L.: histo-anatomical and physiological observations compared to the normal form, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Costică Naela, Stratu Anișoara, Maria-Magdalena Zamfirache

Tulpina la bază are o simetrie radiară cu o epidermă formată din celule cu pereți relativ subțiri, însă relativ bogată în peri protectori.

Tulpina la mijloc are simetrie bilaterală, cu două epiderme formate din celule acoperite cu cuticulă evidentă și foarte numeroși peri protectori.

Tulpina la vârf se află într-un stadiu mai tânăr de dezvoltare: are aceeași zonalitate ca la nivel median, însă țesuturile componente sunt mai slab dezvoltate.

Frunza

La nivelul nervurii mediane conturul secțiunii transversale este modificat față de situațiile normale, fiind cu aspect triunghiular cu o excrescență vizibilă la nivelul abaxial, în care predomină un colenchim hipodermic bine dezvoltat.

*IV.3.4.3. Particularități histo-anatomice ale organelor vegetative la *Echium italicum* L.*

În vederea evidențierii particularităților structurale ale organelor vegetative (rădăcină, tulpină și frunză) au fost efectuate secțiuni transversale la indivizi aparținând speciei *Echium vulgare*, recoltați din stațiunea Agigea, Constanța la data de 14.07.2022 .

În ceea ce urmează sunt prezentate descriptiv particularitățile histo - anatomice ale fiecărui organ, urmărindu-se modificările care apar de-a lungul acestora, de la bază la vârf. În ansamblu, au fost analizate și descrise țesuturile protectoare, parenchimatic, mecanice și conducătoare, modul de organizare al acestora și gradul lor de dezvoltare.

Rădăcina

Rădăcina principală

Pentru studiul rădăcinii, la fiecare dintre secțiunile transversale analizate, au fost descrise: conturul secțiunii, particularitățile peridermei, scoarței și cilindrului central (liber, cambiu, lemn și raporturile dintre acestea).

Conturul secțiunii transversale este *circular, relativ regulat*, prezentând depresiuni periferice, uneori mai pronunțate. Diametrul secțiunii este considerabil mare, sugerând o rădăcină principală aflată într-un stadiu avansat de creștere secundară.

De la exteriorul spre interiorul fragmentelor de secțiunii, distingem:

Periderma este bine dezvoltată, rezultată din activitatea felogenului, care generează:

- *suber* relativ gros, dispus spre exterior,
- *feloderm* mai bine reprezentat, alcătuit din celule alungite.

Cilindrul central este foarte bine dezvoltat, ocupând cea mai mare parte a secțiunii și reflectând dominanța dezvoltării țesuturilor conducătoare secundare.

Tulpina

În cazul tulpinii au fost analizate secțiuni transversale la baza, mijlocul și vârful acesteia, cu descrierea: conturul secțiunii, particularităților epidermei, scoarței și cilindrului central. În cele ce urmează se pot urmări imagini selectate după secțiunile realizate și descrierile acestora

Tulpina (nivel bazal)

Conturul secțiunii transversale este *circular*, fără rupturi sau discontinuități.

Epidema este unistratificată, formată din celule, în general, cu pereții externi ușor îngroșați și acoperiți de o cuticulă subțire. Destul de frecvent se observă peri protectori unicelulari subțiri. Din loc în loc se observă stomate, aflate la nivelul celulelor epidermice.

Scoarța este formată din aproximativ 14 - 16 straturi de celule și este structurată în:

- scoarță externă formată din 3 - 4 straturi de celule mici, izodiametrice
- scoarță mijlocie cuprinzând următoarele 7 straturi de celule de dimensiuni mai mari, izodiametrice sau alungite tangențial;

- scoarța internă formată din 3 - 4 straturi de celule, în general mari, cu dispoziție predominant tangențială.

Cilindrul central este gros și este format din:

- un *inel continuu de liber* secundar spre exterior;
- o *zonă de lemn secundar*
- *cambiul libero-lemnos* este identificabil, din punct de vedere topografic, dar greu de descris la nivel celular.
- *liberul primar* este foarte greu identificabil spre exterior, iar *lemnul primar* vizibil spre măduvă, format din vase puține și cu diametru redus;
- *Măduva* este parenchimatică formată din celule izodiametrice.

Tulpina (nivel median)

Conturul secțiunii transversale este *circular*, regulat, fără *rupturi sau discontinuități tisulare*. Diametrul secțiunii este mai redus decât la nivel bazal.

Tulpina (vârf)

Conturul secțiunii transversale este *circular*, regulat, cu excrescențe locale determinate de prezența perislor protectori masivi cu soclu pluricelular bazal, format din celule epidermice. Diametrul secțiunii este mult mai redus decât la nivel median.

Tulpina de *Echium italicum* prezintă un gradient structural evident de la bază spre vârf, caracterizat prin reducerea progresivă a diametrului organului, subțierea scoarței și diminuarea ponderii țesuturilor conducătoare.

Frunza (nivel bazal)

Structura frunzei (nivel bazal) este descrisă, de asemenea la trei niveluri (bază, mijloc, vârf) atât la nivelul nervurii mediane, cât și la nivelul limbului, între nervuri.

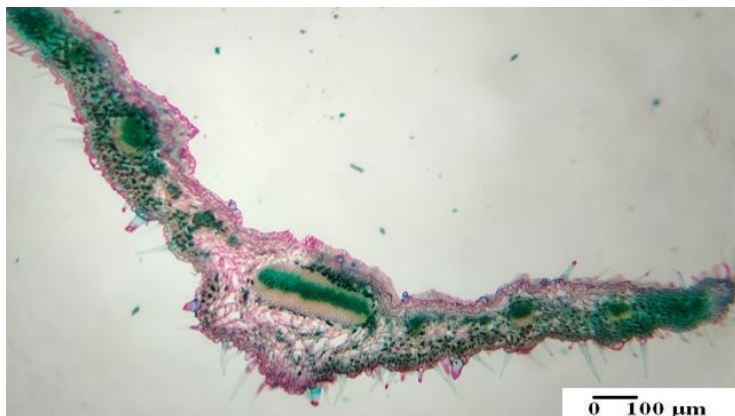


Fig. 4.3.28. Secțiune transversală prin frunză la nivel bazal în dreptul nervurii mediane: imagine de ansamblu: față adaxială, față abaxială, epidermă, hipodermă, parenchim fundamental, fascicul conducător (ob. 4x10).

În dreptul nervurii mediane (Fig. 4.3.28.): conturul secțiunii transversale este relativ subțire, cu neregularități locale frecvente. Prezintă simetrie bilaterală, cu o nervură mediană puțin evidențiată și două extensii laterale corespunzătoare limbului foliar. Fața adaxială este plană sau ușor convexă, iar fața abaxială este convexă, slab proeminentă.

Limb foliar (între nervuri)

Conturul secțiunii transversale este subțire, neregularități și cute ale suprafeței, mai ales la fața inferioară, în dreptul perilor protectori cu soclu pluricelular.

Frunza (nivel median)

În dreptul nervurii mediane: conturul secțiunii transversale prezintă aspect de V larg deschis, cu simetrie bilaterală. Nervura mediană formează o zonă centrală proeminentă spre fața abaxială și două extensii laterale corespunzătoare limbului foliar. Fața adaxială a nervurii mediane este aproape plană între cele două jumătăți ale

limbului, în timp ce convexitatea abaxială este mai accentuată decât la nivelul bazal.

Limb foliar (între nervuri)

Conturul secțiunii transversale este relativ uniform și subțire, cu rare neregularități determinate de prezența soclurilor pluricelulare ale unor peri protectori masivi

Frunza (nivel apical)

În dreptul nervurii mediane: *Conturul secțiunii transversale* își menține simetria bilaterală, însă nervura mediană este ceva mai redusă ca dezvoltare, proeminența abaxială fiind de asemenea, vizibilă. Fața adaxială este plană între cele 2 jumătăți de limb, iar cea abaxială prezintă o convexitate vizibilă.

Limb foliar (între nervuri)

Conturul secțiunii transversale este subțire, cu rare proeminențe și adâncituri.

Ca urmare, limb foliar prezintă o structură cu tendință spre ecvifacialitate, caracterizată prin dezvoltarea țesutului palisadic la ambele fețe ale limbului, însă cu o dezvoltare mai accentuată la fața adaxială. Perii protectori sunt prezenți pe ambele fețe ale frunzei și contribuie la aspectul hispid caracteristic speciei.

Analiza comparativă a caracteristicilor histo-anatomice la *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L.

Rădăcina: Prezintă o structură secundară tipică genului, însă se diferențiază de *Echium vulgare* printr-o **scoarță mai groasă, cu tendință de lignificare** (evidențiată prin colorația specifică cu verde iod), precum și printr-un lemn secundar și primar mai bogat în **parenchim de rezervă** (pe alocuri lignificat). Din punct de vedere ecologic, rădăcina pivotantă puternică, dezvoltarea timpurie a peridermei și vascularizația bine reprezentată permit accesul la apa din orizonturile profunde ale solului, depozitarea și transportul acesteia în perioadele de secetă, precum și acumularea substanțelor nutritive necesare ciclului bianual. Aceste caractere confirmă preferința speciei pentru habitate mai uscate și mai însorite comparativ cu *E. vulgare*.

Tulpina: Păstrează gradientul ontogenetic de subțiere de la bază spre vârf întâlnit și la *E. vulgare*, dar dezvoltă adaptări xeromorfe mult mai pronunțate: un **indument protector mai abundent și mai diversificat**, o **lignificare accentuată** la nivelul scoarței externe și interne (periliberiană), al lemnului și al parenchimului medular, precum și prezența unor **celule mari cu funcție de depozitare** în zona mediană a scoarței.

Deși planul general de organizare al frunzei este similar la cele două specii, *Echium italicum* se diferențiază clar de *Echium vulgare* prin mai multe adaptări structural-xeromorfe.

IV. 3.5. Variabilitate histo-anatomică *Echium vulgare* L. în diferite habitate din nord-estul României

În acest subcapitol sunt incluse rezultatele cercetărilor privind analiza comparativă a structurii organelor vegetative (rădăcină, tulpină, frunze), examinate la diferite niveluri de secționare, din mai multe populații de *Echium vulgare*, în condițiile de vegetație ale anului 2022, și ale habitatelor specifice din: Borca, Neamț; Suceava, Suceava; Bacău, Bacău; Băiceni, Botoșani; Valea lui David, Iași,

Pe baza secțiunilor realizate, s-au realizat măsurători biometrice pentru rădăcină, tulpină nervura mediană și limb foliar, folosind softul ImageJ.

Scopul acestei abordări a fost identificarea gradului de variabilitate structurală a indivizilor de *E. vulgare* proveniți din stațiuni diferite de recoltare din nord-estul României și evaluarea semnificațiilor ecologice a diferențelor observate. Prin integrarea rezultatelor histo-anatomice descriptive, cu cele biometrice și micromorfologice se urmărește evidențierea caracterelor constante, dar și a celor variabile, în funcție de condițiile de habitat. În acest mod se poate contribui la o mai bună înțelegere a plasticității structurale a speciei.

Echium vulgare care este euritrofă, larg răspândită de la pajiști și terenuri ruderalizate până la zone cu deficit hidric sezonier. Această largă amplitudine ecologică implică o capacitate mare de adaptare și implicit variații structurale dintre populații provenite din habitate diferite.

IV.3.5.1. Variabilitatea histo-anatomică a rădăcinii la *Echium vulgare* L. în diferite habitate din nord-estul României

Sectoare din secțiunile transversale realizate prin rădăcina principală de la indivizi de *Echium vulgare* recoltați din cinci localități diferite, indică un plan comun de organizare histo-anatomică, caracterizat prin edificarea unei structuri secundare bine dezvoltate. La indivizii din toate populațiile analizate, se observă: periderma, scoarța relativ redusă și cilindrul central bine dezvoltat, alcătuit din liber (floem) secundar dispus periferic și un masiv lemnos (hadrom) dispus central. În toate cazurile, lemnul secundar ocupă cea mai mare parte a diametrului secțiunii, conferind rădăcinii un masiv, compact și evidențiind importanța funcțiilor ei de conducere și susținere.

Deși planul general de organizare este similar, apar diferențe privind gradul de dezvoltare al principalelor țesuturi. Indivizii secționați, de la populația din Suceava prezintă cele mai mari dimensiuni ale cilindrului central și ale masivului lemnos, în timp ce exemplarele din Valea lui David și Bacău se remarcă prin dezvoltarea accentuată a lemnului secundar în raport cu floemul. Rădăcina indivizilor de la Borca prezintă o reducere relativă a scoarței, ceea ce conduce la valori ridicate ale raportului cilindru centra/scoarță, fără a fi însoțită de o dezvoltare accentuată a xilemului secundar.

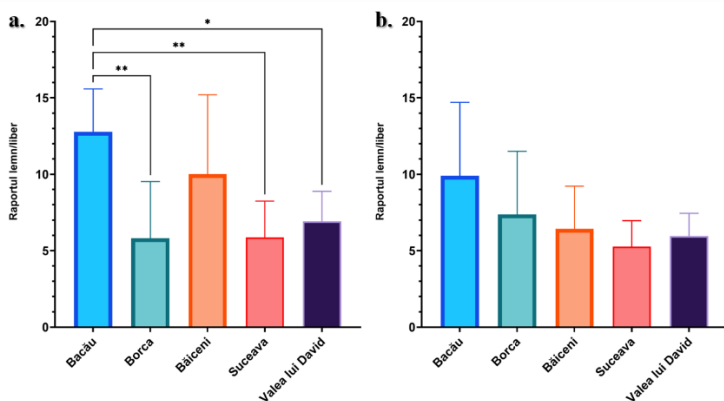


Fig. 4.3.29. Raportul dintre lemn și liber: **a.** baza rădăcinii; **b.** mijlocul rădăcinii de la specia *Echium vulgare* L. (Bacău, Borca, Botoșani, Suceava și Valea lui David). Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Valorile fără stelute sunt nesemnificative statistic ($p \geq 0,05$).

Diferențele sesizate între dezvoltarea țesuturilor principale ale rădăcinii provenite de la indivizi din populații diferite sunt evidente atât în ceea ce privește dezvoltarea cilindrului central (**Fig. 4.3.29.**) și proporția țesuturilor conducătoare (lemn/liber) (**Fig. 4.3.30.**), cât și, evident, diametrul organului (**Fig. 4.3.31.**). La indivizi din populațiile de la Bacău și, într-o anumită măsură, Valea lui David, rădăcina se caracterizează prin valori ridicate ale raportului lemn/liber, ceea ce indică dezvoltarea accentuată a xilemului secundar și o posibilă adaptare la condiții mai restrictive din punct de vedere hidric.

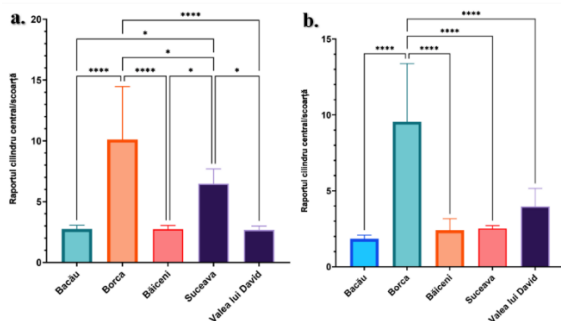


Fig. 4.3.30. Variabilitatea raportului dintre cilindrul central/scoarță la nivel bazal (a.) și median (b.) al rădăcinii de *Echium vulgare* L. (Bacău, Borca, Botoșani, Suceava și Valea lui David). Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,0001$. Valorile fără steluțe sunt ne semnificative statistic ($p \geq 0,05$).

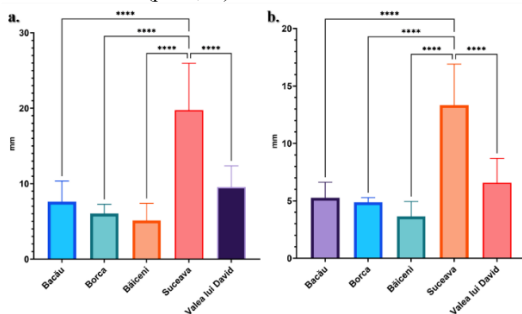


Fig. 4.3.31. Variabilitatea diametrului rădăcinii la nivel bazal (a.) și la nivel median (b.) de *Echium vulgare* L. (Bacău, Borca, Botoșani, Suceava și Valea lui David). Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: **** $p < 0,0001$. Valorile fără steluțe sunt ne semnificative statistic ($p \geq 0,05$).

Variațiile de structură identificate la nivelul rădăcinii sunt evidente și se exprimă, în principal, prin dezvoltarea cilindrului central în raport cu scoarța și prin raportul lemn/liber. Aceste rezultate indică răspunsul structural al speciei la condițiile locale de mediu, indicând faptul că rădăcina de *Echium vulgare* prezintă un grad mare de plasticitate anatomică.

IV.3.5.2. Variabilitatea histo-anatomică a tulpinii la Echium vulgare L. în diferite habitate din nord-estul României

Analiza secțiunilor transversale efectuate la nivelul bazei și porțiunii mediane a tulpinii evidențiază existența unui plan de organizare structural comun, diferențele fiind exprimate în principal prin gradul de dezvoltare al țesuturilor conducătoare, al scoarței și al măduvei.

Analiza datelor obținute prin biometrie, pe baza secțiunilor efectuate, reflectă următoarele tendințe: la tulpina indivizilor recoltați de la Suceava domină toți parametrii dimensionali, în concordanță cu datele de la rădăcină; la tulpina indivizilor recoltați de la Bacău se observă dezvoltarea dominantă a lemnului, aceeași tendință fiind observată și la rădăcină; scoarța este foarte dezvoltată la tulpinile indivizilor de la Suceava și redusă la Bacău; măduva este subțire la rădăcina indivizilor din Bacău, în schimb la Suceava apare cea mai groasă măduvă.

Indivizii din populațiile analizate diferă nu numai prin dimensiunile diametrului tulpinii, ci și prin gradul de dezvoltare a structurii secundare de-a lungul organului. În toate cazurile se observă o creștere a ponderii lemnului către baza tulpinii, însă amplitudinea acestei creșteri diferă între populațiile din diferite localități.

IV.3.5.3. Variabilitatea histo-anatomică a frunzei la Echium vulgare L. în diferite habitate din nord-estul României

Analiza comparată a secțiunilor transversale realizate prin frunze provenite de la populații de *Echium vulgare* din cinci localități (Borca, Suceava, Bacău, Botoșani și Valea lui David) a evidențiat, în primul rând, menținerea planului general de structură a frunzei. Atât la nivelul nervurii mediane cât și al limbului foliar dintre nervuri, toate exemplarele din populațiile studiate prezintă aceeași organizare histo-anatomică, diferențele observate fiind

predominant cantitative, date de gradul de dezvoltare al țesuturilor componente.

Un caracter constant identificat este existența unei dezvoltări graduale a frunzei, de la bază spre vârf.

IV.4. Variații ale unor indicatori biochimici și fiziologici la plante aparținând speciilor *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. recoltate din flora spontană

IV.4.1. Conținutul de pigmenți asimilatori foliari ⁸

Pentru speciile luate în studiu (*Echium vulgare* și *Echium italicum*) s-au analizat următorii indicatori: conținutul de clorofilă a, conținutul de clorofilă b, conținutul de pigmenți carotenoizi, raportul între conținutul de clorofilă a și conținutul de clorofilă b și raportul între conținutul total de clorofilă și conținutul total de pigmenți carotenoidici. Rezultatele obținute au fost exprimate ca valori medii $\pm$ eroarea standard, în mg/g material vegetal proaspăt.

În primul an (2021), conținutul de clorofilă a a înregistrat valori cuprinse între 0,52 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Suceava) și 0,76 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Borca și Repedea-Bârnova) (**Fig. 4.4.1. a.**).

Conținutul de clorofilă b a prezentat valori cuprinse între 0,21 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Suceava) și 0,30 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Bacău). (**Fig. 4.4.1. b.**).

Pigmenți carotenoizi au înregistrat valori cuprinse între 0,23 – 0,30 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt. Valori medii mai mari pentru acest indicator s-au înregistrat la probele recoltate de la Valea lui David, Borca, Bacău și Bârnova-Repedea (**Fig. 4.4.1. c.**).

⁸ O parte din aceste date au fost publicate sub formă de rezumat:

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022,** Aspects regarding the content of assimilatory pigments in *Echium vulgare* L. species from natural and anthropized habitats (NE region of Romania). *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2).

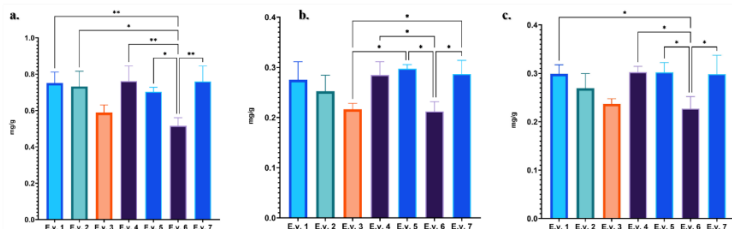


Fig. 4.4.1. Conținutul de clorofilă a (a.), clorofilă b (b.) și pigmenți carotenoizi (c.) (mg/g material vegetal proaspăt), din frunze în fenofaza de înflorire la plante aparținând speciei *Echinium vulgare* L. (E.v.) recoltate din flora spontană în anul 2021 (Legendă: 1 - Valea lui David, Iași; 2 - Băiceni, Botoșani; 3 - Vlădeni, Iași; 4 - Borca, Neamț; 5 - Bacău, Bacău; 6 - Suceava, Suceava; 7 - Repede-Bârnova; Iași. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic ($p \geq 0,05$)).

În al doilea an (2022), conținutul de clorofilă a a înregistrat valori cuprinse între 0,67 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Borca) și 0,95 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Băiceni). Valori medii mai mari pentru acest indicator s-au înregistrat la probele recoltate de la Vlădeni și Suceava (Fig. 4.4.2. a.).

Conținutul de clorofilă b a prezentat valori cuprinse între 0,25 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Borca) și 0,36 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Băiceni). (Fig. 4.4.2. b.).

Pigmenți carotenoizi au înregistrat valori cuprinse între 0,28 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Valea lui David) și 0,36 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Băiceni) (Fig. 4.4.2. c.).

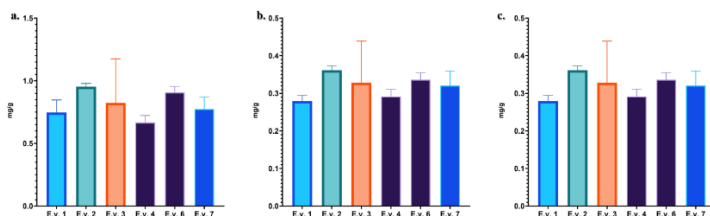


Fig. 4.4.2. Conținutul de clorofilă a (a.), clorofilă b (b.) și pigmenți carotenoizi (c.) (mg/g material vegetal proaspăt), din frunze în fenofaza de înflorire la plante aparținând

speciei *Echium vulgare* L. (E.v.) recoltate din flora spontană în anul 2022 (Legendă: 1 - Valea lui David, Iași; 2 - Băiceni, Botoșani; 3 - Vlădeni, Iași; 4 - Borca, Neamț; 6 - Suceava, Suceava; 7 - Repedeș-Bârnova; Iași. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic ($p \geq 0,05$)).

În al treilea an, conținutul de clorofilă a a înregistrat valori cuprinse între 0,44 pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Vicovu de Sus) și 1,06 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de Borca).

Conținutul de clorofila b a prezentat valori cuprinse între 0,17 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Vicovu de Sus) și 0,36 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Borca) (Fig. 4.4.3.).

Pigmenți carotenoizi au înregistrat valori cuprinse între 0,22 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Vicovu de Sus) și 0,41 mg pigmenți/g material vegetal proaspăt (la probele recoltate de la Borca) (Fig. 4.4.3.).

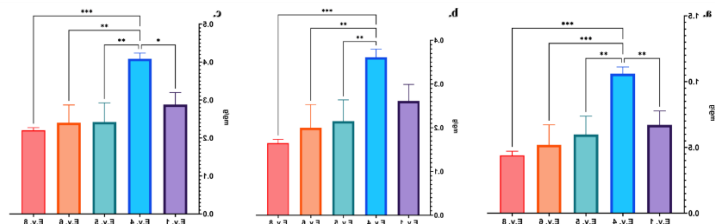


Fig. 4.4.3. Conținutul de clorofilă a (a.), clorofilă b (b.) și pigmenți carotenoizi (c.) (mg/g material vegetal proaspăt). din frunze în fenofaza de înflorire la plante aparținând speciei *Echium vulgare* L. (E.v.) recoltate din flora spontană în anul 2023 (Legendă: 1 - Valea lui David, Iași; 4 - Borca, Neamț; 5 - Bacău, Bacău; 6 - Suceava, Suceava; 8 - Vicovu de Sus, Suceava. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard Semnificație statistică: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic ($p \geq 0,05$)).

În anul 2021 comparativ cu anul 2022, la *Echium vulgare* în fenofaza de înflorire, se pot observa valori ușor mai scăzute pentru conținutul de clorofilă a, b și pigmenți carotenoizi (cu câteva excepții) (Fig. 4.4.1., 4.4.2.).

Rezultatele obținute prin cercetările proprii contribuie la cunoașterea variației cantitative a acestor indicatori biochimici foliari

pentru speciile genului *Echium italicum* și *Echium vulgare*, în ideea completării literaturii de specialitate.

IV.4.1.1. Raportul între conținutul de clorofilă a și conținutul de clorofilă b și raportul între conținutul total de clorofilă și conținutul total de pigmenți carotenoidici

La plantele avute în atenție în prezenta cercetare aflate în fenofaza de înflorire în anul 2021, *raportul dintre clorofila a și b* a înregistrat valori mai mici decât valoarea precizată în literatură (3:1). Ce-a mai mare valoare a acestui indicator s-a înregistrat la *Echium vulgare* recoltat din localitatea Băiceni – 2,90, iar cea mai mică valoare la *Echium vulgare* recoltat din Bacău – 2,37.

În anul 2022, la specia *Echium vulgare*, în fenofaza de înflorire, raportul dintre conținutul de clorofilă a și b a fost de 3,28 pentru probele recoltate de la Suceava.

La *Echium vulgare* recoltat de la Valea lui David, Băiceni și Borca s-au înregistrat valori mai scăzute ale raportului discutat în anul 2022, față de anul 2021 în fenofaza de înflorire.

Pentru anul III (2023), acest indicator a înregistrat valori cuprinse între 2,58 și 2,94.

Pentru anul II (2022), în cazul determinărilor efectuate pe probe colectate de la plante aflate în fenofaza de fructificare aparținând celor două specii de, acest indicator a înregistrat valori cuprinse între 2,85 și 2,74.

Analiza datelor privind *raportul dintre conținutul de pigmenți clorofilieni și conținutul de pigmenți carotenoidici* pentru determinările realizate în anii 2021, 2022 și 2023 (fenofaza de înflorire) a evidențiat variații valorice funcție de specie, locația de recoltare a probelor și de anul în care s-au efectuat determinările.

Pentru anul 2021, valoarea maximă a acestui indicator a fost de 3,66 la probele recoltate din locația 2 (Băiceni), iar valoarea minimă a fost de 3,21 la probele recoltate din locația 6 (Suceava).

Pentru anul 2022 s-au obținut valori cuprinse între 3,14 (la probele recoltate din locația 4: Borca) și 4,76 (la probele recoltate din

locația 6: Suceava), iar în anul 2023 s-au înregistrat diferențe statistic semnificative între probele recoltate din toate locațiile.

IV.4.2. Conținutul de apă și de substanță uscată

IV.4.2.1. Conținutul de apă și de substanță uscată din limbul foliar

Pentru anul 2021, la plantele de *Echium vulgare*, conținutul de apă a înregistrat valoarea minimă (75,52%) la probele recoltate de la Bacău și valoarea maximă (86,36%) la probele recoltate de la Băiceni.

Conținutul de substanță uscată a prezentat valori cuprinse între 13,64% și 24,48%.

Pentru anul 2022, conținutul de apă a înregistrat valori mai mici, comparativ cu anul anterior.

Pentru anul 2023, la plantele de *Echium vulgare*, conținutul de apă a înregistrat valori mai mici de 80% la probele recoltate din locațiile 4 (Borca) și 5 (Bacău) și valori mai mari de 80 % la probele recoltate din celelalte locații.

IV.4.2.2. Conținutul de apă și de substanță uscată din tulpină

Pentru anul 2022, cel mai scăzut conținut de apă (68,98%) s-a înregistrat la probele recoltate din locația 2 (Băiceni). Probele recoltate din celelalte locații au prezentat un conținut de apă mai ridicat.

Pentru anul 2023, conținutul de apă a înregistrat valori mai mari, comparativ cu anul anterior.

La specia *Echium italicum* conținutul de apă a înregistrat valori de 72,86% în anul 2022 și de 75,18% în anul 2023. La specia *Echium vulgare*, conținutul de substanță uscată a prezentat valori mai mari decât la specia *Echium italicum*.

IV.4.3. Conținutul total de polifenoli, de flavonoide și activitatea antioxidantă a extractului alcoolic obținut din partea aeriană înflorită a plantelor de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. recoltate din flora spontană

În prezenta lucrare s-a determinat conținutul total de polifenoli și conținutul total de flavonoide în extractul etanolic obținut din părți aeriene înflorite ale plantelor de *Echium vulgare* și *Echium italicum* recoltate din flora spontană. De asemenea s-a determinat activitatea antioxidantă a acestor extracte, utilizând metoda DPPH.

Analiza rezultatelor obținute a evidențiat o valoare mai mare pentru *conținutul total de polifenoli* în cazul extractelor alcoolice obținute din partea aeriană a plantelor de *Echium vulgare* (1,82 mg echivalent de acid galic/g material proaspăt), valoarea obținută fiind cu 91,57% mai mare decât la plantele de *Echium italicum*.

Conținutul total de flavonoide a fost mai mare în cazul extractelor alcoolice obținute din partea aeriană înflorită a plantelor de *Echium vulgare* (24,21 mg echivalent de quercetină/g material proaspăt) decât în cazul extractelor din plantele de *Echium italicum* (cu 59,47%).

Analizând *activitatea antioxidantă*, s-a constatat că extractul etanolic din plante de *Echium vulgare* a prezentat o valoare mai ridicată a activității antioxidante decât extractul etanolic preparat din plante de *Echium italicum*.

IV.5. Teste de imbibitiie, germinație și creștere în condiții experimentale

IV.5.1. Testarea germinației nuculelor (semințelor) de *Echium vulgare* L., *Echium italicum* L. și *Echium russicum* J.F. Gmel. după examinarea materialului biologic preparat (metalizare cu aur) pentru observații prin tehnica de microscopie electronică de baleiaj (SEM)

În contextul celor prezentate, în cadrul cercetărilor care fac subiectul prezentei teze se numără și experimentele de verificare a germinației nuculelor (semințelor) aparținând celor trei specii de *Echium* avute în atenție (*Echium italicum*, *Echium russicum*, *Echium vulgare*) preparate prin metalizare cu aur, pentru examinarea suprafeței lor prin tehnica de microscopie electronică de baleiaj (SEM).

Pentru specia *Echium italicum*, varianta test a avut procentajul de germinație 100% la 7 zile de la montarea experimentului, neschimbându-se în ziua 14.

În cazul speciei *Echium vulgare*, varianta test a avut procentajul de germinație de 71,43% la 7 zile de la montarea experimentului, iar la 14 zile de 90,48%.

La specia *Echium russicum* pentru varianta test, varianta test procentajului de germinație a fost mai mare la 7 zile de la montarea experimentului (57,14%) și ulterior a înregistrat o creștere.

Supunerea la metalizare a semințelor de la speciile luate în studiu a influențat pozitiv procentajului de germinație al acestora.

În acest context considerăm că sunt necesare pe viitor noi studii de monitorizare a evoluției în timp a plantulelor / plantelor rezultate prin procesul de germinație a semințelor metalizate aparținând celor trei specii de *Echium* avute în atenție, studii personalizate prin investigații de ordin morfo-anatomic, micromorfologic și biochimic specifice, rezultatele astfel obținute constituind un punct valoros de plecare în cercetări viitoare orientate cu precădere asupra viabilității semințelor unor specii vegetale rare / protejate, în vederea testării lor prin tehnici SEM și reutilizări ulterioare.

IV.5.2. Testarea efectului biostimulatorului Atonik asupra imbibiției și germinației semințelor, precum și a creșterii plantulelor de *Echium russicum* J.F. Gmel.⁹

IV.5.2.1. Imbibiția semințelor

În intervalul una - opt ore, cantitatea de apă și de soluție Atonik absorbită de semințe prin procesul de imbibiție gravimetrică are o evoluție diferită funcție de varianta experimentală: la varianta V₁, cantitatea de apă absorbită prin imbibiție crește progresiv până la șase ore (de la 5,40 g% până la 13,51 g%), după care rămâne constantă până la opt ore; la varianta V₂, cantitatea de apă absorbită rămâne constantă până la trei ore, înregistrează o creștere valorică până la patru ore, rămâne constantă până la cinci ore și prezintă, ulterior, o creștere valorică progresivă până la opt ore; la varianta V₃, cantitatea

⁹ Aceste date au fost publicate sub formă de articol; Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M.-M., 2026, Influence of pregermination treatment with Atonik on nutlets imbibition and seedling growth of *Echium russicum* J.F. Gmel. *Studia Univ. VG, SSV*, vol. 36,iss.3, 2026

de apă absorbită rămâne constantă până la două ore, înregistrează o creștere valorică până la cinci ore și rămâne constantă, ulterior, până la opt ore.

Datele obținute pentru specia *E. russicum* arată că imersarea semințelor în soluții Atonik 1‰ a avut un efect pozitiv asupra absorbției apei prin imbibitie începând cu prima oră de monitorizare, comparativ cu martorul. Concentrația mai mare a soluției de Atonik și anume 3‰ (variante V_3) a condus la obținerea unor valori ale cantității de apă absorbită prin procesul de imbibitie gravimetrică mai mici față de cele obținute la varianta martor (V_1), sugerând existența unui ușor stres osmotic.

IV.5.2.2. Procentajul de răsărire și de supraviețuire al plantulelor rezultate prin procesul de germinație

La *Echium russicum* avut în studiu germinația/ creșterea este epigea; axa hipocotilă prezintă cea mai intensă alungire, axa epicotilă are dimensiuni mici, iar cotiledoanele sunt ridicate la suprafața solului.

Din analiza datelor obținute la materialul vegetal luat în studiu (indivizi de *Echium russicum* obținuți prin germinație din semințe achiziționate s-a constatat că la 7 zile de la inițierea experimentului, procentajul de germinație a prezentat valori cuprinse între 16,66% și 41,66%, acesta înregistrând valori mai mari la variantele de tratament cu soluție Atonik 1‰ și Atonik 3‰ (cu 40 % și respectiv 50 %), comparativ cu varianta martor.

La varianta cu semințe îmbibate în apă distilată (V_1) procentajul de răsărire a prezentat valori mai mici decât la martor.

La 14 zile de la inițierea experimentului, procentajul de germinare a prezentat valori cuprinse între 38,88% și 58,33%.

Rata de supraviețuire a plantulelor în intervalul cuprins între ziua 14 zile și ziua 47 a fost mai mare la variantele de tratament decât la martor. Varianta V_3 s-a remarcat prin cea mai mare valoare a procentajului de supraviețuire .

Efectele pozitive asupra celor doi indicatori analizați (procentajul de germinare și procentajul de supraviețuire) la *Echium*

russicum în cazul tratării semințelor cu soluție Atonik 1‰ (V₂) și 3‰ (V₃) timp de opt ore nu sunt statistic semnificative.

În acest context, rezultatele proprii obținute în experimentul prezentat, care au evidențiat faptul că tratamentul de pre-germinare cu biostimulatorul Atonik 1‰ și 3‰ testat a stimulat procesul de germinare și a mărit rata de supraviețuire a plantulelor.

IV.5.2.3. Parametri de creștere la plantule

Tratarea semințelor cu biostimulatorul Atonik (în special în concentrație de 1‰ - varianta V2) a stimulat semnificativ creșterea și dezvoltarea tuturor organelor plantulelor comparativ cu martorul:

- Lungimea rădăcinii: A înregistrat valori superioare la toate variantele de tratament (Atonik 1‰, Atonik 3‰ și apă distilată), sporul maxim și statistic semnificativ fiind obținut la varianta tratată cu Atonik 1‰ (V2).
- Lungimea părții aeriene (hipocotil + epicotil): A depășit martorul la toate variantele, stimularea fiind amplificată progresiv de la varianta cu apă distilată (V1), la Atonik 3‰ (V3) și atingând nivelul maxim la Atonik 1‰ (V2).
- Lungimea totală a plantulei: Toate variantele experimentale au devansat martorul, varianta Atonik 1‰ generând cele mai mari dimensiuni ale plantulelor, diferența fiind semnificativă din punct de vedere statistic.
- Parametrii foliari: Imbibarea semințelor în soluții de Atonik a favorizat atât formarea unui număr mai mare de frunze per plantulă, cât și extinderea ariei foliare generale. De asemenea, suprafața frunzelor cotiledonare a înregistrat o extindere considerabilă la plantulele tratate cu biostimulator.

Rezultatele studiului realizat au indicat faptul că soluția de Atonik 1‰ și 3‰ aplicată semințelor înainte de semănat influențează pozitiv procesul de germinație și de creștere a noilor indivizi astfel rezultați (Sava și colab., 2026).

IV.5.3. Efecte ale unor metale grele asupra imbibiției și germinației semințelor aparținând speciilor *Echium vulgare* L. și *Echium russicum* J.F.Gmel. în condiții experimentale

*IV.5.3.1. Imbibiția semințelor aparținând speciilor *Echium russicum* J.F.Gmel. și *Echium vulgare* L. cu soluții de sulfat de cupru realizată în condiții experimentale*

Pe parcursul monitorizării imbibiției nuculelor celor două specii ale genului *Echium* avute în atenție în apă distilată (C– control) și în soluții de sulfat de cupru de concentrații de 20 mg/l (V_1), 60 mg/l (V_2) și 100 mg/l (V_3) (după patru și respectiv opt ore de imbibiție) s-au observat variații valorice în funcție de specie, de durata imersării și de varianta experimentală.

Analiza comparativă a rezultatelor obținute la cele două specii a evidențiat faptul că imersarea nuculelor în soluții de sulfat de cupru pe o perioadă de patru ore și, respectiv, opt ore

*IV.5.3.2 Imbibiția semințelor aparținând speciilor *Echium russicum* J.F.Gmel. și *Echium vulgare* L. cu soluții de sulfat de zinc realizată în condiții experimentale*

Cantitatea de apă absorbită prin procesul de imbibiție de nuculele celor două specii ale genului *Echium* avute în atenție pe parcursul imersării lor timp de patru ore și respectiv opt ore în apă distilată (C– control) și în soluții de sulfat de zinc de concentrații de 100 mg/l (V_1), 200 mg/l (V_2) și 300 mg/l (V_3) a variat în funcție de specie, de durata imersării și de varianta experimentală.

Rezultatele obținute sugerează că per ansamblu soluțiile de sulfat de cupru și, respectiv, sulfat de zinc nu afectează absorbția apei prin imbibiție la nuculele speciilor *Echium vulgare* și *Echium russicum* în intervalele de analiză delimitate (patru ore și, respectiv, opt ore), modificările constatate nefiind statistic semnificative ($p > 0,05$).

*IV.5.3.3. Germinația semințelor aparținând speciilor *Echium russicum* J.F.Gmel. și *Echium vulgare* L. în soluții de sulfat de cupru aplicate experimental*

IV.5.3.3.1. Procentajul de germinație

Pentru ambele specii test procentajul de germinație a fost calculat la un interval de 14 zile de germinație în condiții experimentale.

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La specia *Echium russicum*, capacitatea de germinație a prezentat variații în funcție de tratamentul aplicat. Comparativ cu martorul, la variantele de tratament procentajul de germinație a înregistrat valori mai mari la varianta V1 și mai mici la variantele V2 și V3.

La nuculele de *Echium vulgare*, germinația a urmat o dinamică diferențiată. La variantele de tratament, comparativ cu martorul, procentajul de germinație a prezentat valori mai mici la varianta V1 și valori mai mari la variantele V2 și V3.

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

Analiza germinației nuculelor la cele două specii supuse tratamentelor experimentale evidențiază o capacitate germinativă generală superioară la *Echium vulgare* în comparație cu *Echium russicum*:

- La *Echium russicum*, procentajul de germinație a atins nivelul minim la martor și la varianta V1, în timp ce variantele de tratament V2 și V3 au determinat cele mai ridicate valori ale germinației.
- La *Echium vulgare*, rata de germinație a depășit valorile obținute la *E. russicum* pe toate variantele experimentale, valoarea minimă fiind observată la martor, iar maximul la variantele de tratament V2 și V3.

La ambele specii test s-a constatat faptul că la variantele de tratament, în cazul utilizării soluțiilor de sulfat de cupru ce conțin concentrații mari de cupru (60mg/l – V₂ și 100mg/l – V₃), procentajul de germinație a înregistrat valori mai mari decât la martor. Această realitate ne îndreptățește să considerăm că procesul de germinație a nuculelor de la cele două specii nu a fost afectat de tratamentele aplicate.

IV.5.3.3.2. Indicele de germinație

Indicele de germinație la cele două specii diferă funcție de varianta experimentală avută în atenție.

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La nuculele de *Echium russicum* indicele de germinație a înregistrat valoarea cea mai ridicată la varianta V_1 și valoarea cea mai scăzută la varianta V_2 .

La nuculele de *Echium vulgare* indicele de germinație a înregistrat valoarea cea mai ridicată la varianta V_2 și valoarea cea mai scăzută la varianta V_1 .

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La nuculele aparținând speciei *Echium russicum* indicele de germinație a înregistrat valoarea cea mai ridicată la varianta V_2 și valoarea cea mai scăzută la varianta V_1 , iar la variantele V_2 și V_3 acesta a înregistrat valori mai mari cu 30-32% față de varianta martor.

La nuculele aparținând speciei *Echium vulgare* indicele de germinație a înregistrat valoarea cea mai ridicată la varianta V_3 și valoarea cea mai scăzută la martor

IV.5.3.3.3. Timpul mediu de germinație

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La nuculele de *Echium russicum* timpul mediu de germinație la varianta V_1 și V_2 se poate observa o scădere a timpului de germinație față de martor cu până la 15 %.

La nuculele de *Echium vulgare* acest parametru înregistrează valori cuprinse între 9,18 și 10,5, cu o scădere valorică față de martor cu până la 12% la variantele V_2 și V_3 .

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La nuculele de *Echium russicum* timpul mediu de germinație are valori cuprinse între 6,54 și 7,54, la variantele V_2 și V_3 observându-se o creștere a acestui parametru al procesului de germinație cu până la 15% față de martor.

La nuculele de *Echium vulgare* timpul mediu de germinație înregistrează valori cuprinse între 9,52 și 9,93, variantele V_1 și V_2 prezentând o creștere valorică a acestui parametru față de martor cu până la 4%.

IV.5.3.3.4. Coeficientul ratei de germinație

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La *Echium russicum* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 10,93 (V_3) și 13,36 (V_2).

La *Echium vulgare* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 9,63 (C_1) și 11,05 (V_3).

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La *Echium russicum* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 13,6 (V_3) și 15,85 (V_1).

La *Echium vulgare* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 10,14 (V_2) și 10,7 (V_3).

Din analiza comparativă a rezultatelor obținute la cele două specii ale genului *Echium* avute în atenție pentru variantele de tratament cu sulfat de cupru, comparativ cu martorul și pentru cele două perioade de expunere, s-a constatat, în majoritatea situațiilor evaluate, o ușoară creștere valorică a indicatorilor de germinație analizați.

IV.5.3.4. Germinația semințelor aparținând speciilor Echium russicum J.F.Gmel. și Echium vulgare L. în soluții de sulfat de zinc aplicate experimental¹⁰

IV.5.3.4.1. Procentajul de germinație

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La nuculele de *Echium russicum* procentajul de germinație a prezentat valori cuprinse între 37,5% și 57,5%.

La nuculele de *Echium vulgare*, procentajul de germinație a înregistrat valori cuprinse între 55% și 62,5%.

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La *Echium russicum* procentajul de germinație a prezentat valori cuprinse între 50% (V_1) și 72,5% (C).

La *Echium vulgare* procentajul de germinație a înregistrat valori cuprinse între 47,5% (la V_1) și 70% (la C).

La nuculele aparținând ambelor specii s-a constatat faptul că la variantele de tratament care au folosit concentrații mari de sulfat de zinc (200mg/l – V_2 și 300mg/l – V_3) procentajul de germinație a înregistrat o reducere valorică, comparativ cu martorul. Această modificare nefiind însă semnificativă statistic, se poate considera că germinația nuculelor de la cele două specii nu a fost afectată de tratamentele aplicate.

IV.5.3.4.2. Indicele de germinație

Indicele de germinație la cele două loturi de experiență diferă în funcție de varianta experimentală.

¹⁰ Aceste date au fost publicate sub formă de articol; Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., 2023, The Effect of zinc on germination in species of the genus *Echium* (family Boraginaceae). *Acta Biologica Marisiensis*, 6(1), 46-53.

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La nuculele de *Echium russicum* indicele de germinație a avut valoarea cea mai ridicată la varianta $V_3 - 0,99$.

La nuculele de *Echium vulgare*, indicele de germinație a avut valoarea cea mai ridicată la varianta $V_1 - 0,85$.

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La nuculele speciei *Echium russicum* indicele de germinație a avut valoarea cea mai ridicată la martor – 1,28 și cea mai scăzută la varianta $V_1 - 0,8$. Față de martor, variantele de tratament au avut valori mai mici cu 37,5 % la V_1 și cu 21,09 % la V_2 și V_3 (**Fig. 4.5.30.**).

La nuculele de *Echium vulgare*, indicele de germinație a avut valoarea cea mai ridicată la martor – 0,95 și cea mai scăzută la varianta $V_1 - 0,56$. Față de martor, variantele de tratament au avut valori mai mici cu 41,05 % la V_1 , cu 21,0 % la V_2 și cu 34,73% la V_3 (**Fig. 4.5.30.**).

IV.5.3.4.3. Timpul mediu de germinație

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La *Echium russicum* timpul mediu de germinație are valori cuprinse între 5,52 și 7,72.

La *Echium vulgare* timpul mediu de germinație are valori cuprinse între 8,63 și 10.

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La *Echium russicum* timpul mediu de germinație are valori cuprinse între 5,9 și 7,37.

La *Echium vulgare* timpul mediu de germinație are valori cuprinse între 8,5 și 10,03

Din analiza datelor se poate deduce faptul că timpul mediu de germinație este mai scăzut la nuculele aparținând speciei *Echium russicum*.

IV.5.3.4.4. Coeficientul ratei de germinație

A. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de patru ore:

La *Echium russicum* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 13,01 (V_1) și 16,77 (C_1).

La *Echium vulgare* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 10,01 (V_2) și 11,7 (V_1).

B. Pentru nucule supuse tratamentului pentru o durată de opt ore:

La *Echium russicum* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 13,8 (V_1) și 17,18 (V_2).

La *Echium vulgare* coeficientul ratei de germinație are valori cuprinse între 10,09 (V_3) și 11,8 (C).

Analizând datele putem deduce faptul că indicatorul coeficientul ratei de germinație are valori mai mari la nuculele aparținând speciei *Echium russicum*.

Analiza efectului tratamentelor cu sulfat de zinc asupra germinației la *Echium vulgare* și *Echium russicum* evidențiază un răspuns diferențiat în funcție de durata de expunere:

- Expunerea de 4 ore: Determină o ușoară stimulare a germinației la ambele specii, însoțită totuși de o creștere a timpului necesar germinării.
- Expunerea de 8 ore: Constituie o condiție de stres chimic, manifestată prin întârzierea germinației, micșorarea indicelui de germinație și prelungirea timpului de germinare (efect mai accentuat la *Echium vulgare*).

În contextul celor prezentate, putem considera că rezultatele obținute în prezenta cercetare sunt în acord cu datele raportate de alți autori privind efectul unor concentrații diferite de cupru și zinc asupra

procesului de germinație a semințelor de *Echium russicum* J.F.Gmel. și *Echium vulgare* L., testat experimental.

IV.5.4. Potențialul alelopatic a extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium italicum* L. și *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană asupra germinației semințelor și creșterii plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test

*IV.5.4.1. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium italicum* L. și *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană asupra germinației semințelor unor specii de plante dicotiledonate test*

Conform rezultatelor obținute indicatorii de germinație analizați au prezentat variații valorice în funcție de specia de *Echium* utilizată pentru obținerea extractului, de concentrația extractelor și de specia dicotiledonată test luată în studiu.

S-a constatat o reducere a procentajului de germinație până la 81 % față de martor.

Reducerea procentajului de germinație la ambele specii test a fost mai pregnantă în cazul utilizării extractelor apoase de concentrație 5% și 7,5% obținute din părți aeriene ale celor 2 specii de Boraginaceae avute în atenție.

Reducerea procentajului de germinație, indicele de germinație și a coeficientului ratei de germinație și întârzierea timpului mediu de germinație relevă faptul că extractele apoase obținute din părți aeriene ale plantelor aparținând speciilor *Echium vulgare* și *Echium italicum*, cu precădere la concentrațiile de 5% și 7,5%, au efecte semnificative asupra germinației speciilor test utilizate (*Raphanus sativus* și *Sinapis alba*).

*IV.5.4.2. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium italicum* L. și *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană asupra creșterii plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test*

Experimentul al căror rezultate sunt prezentate în acest subcapitol reprezintă o continuare a observațiilor și investigațiilor realizate asupra plantulelor test utilizate anterior.

În cazul extractelor apoase de concentrație 7,5% obținute din *E. vulgare* nu s-au efectuat măsurători deoarece procentajul de germinație al semințelor plantelor test (*Raphanus sativus* și *Sinapis alba*) a fost foarte scăzut.

Analizând indicatorul *lungimea rădăcinii* plantulelor test nou formate s-a constatat un efect stimulator la concentrații mici ale extractelor apoase (1% și 2%) obținute din părți aeriene de *E. vulgare* și *E. italicum*, efect statistic semnificativ în cazul extractelor de concentrație 1% și 2% de *E. vulgare* la ambele specii test (Fig. 4.5.1., Fig. 4.5.2.).

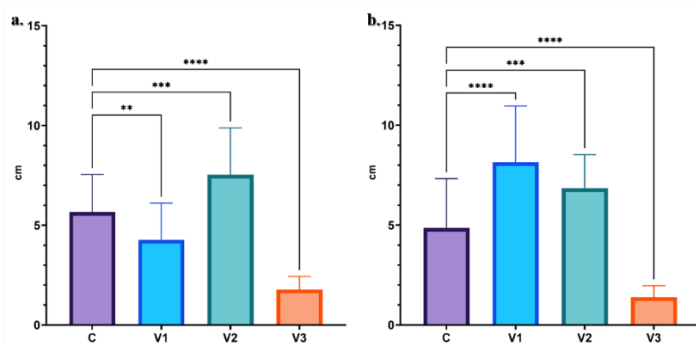


Fig. 4.5.1. Lungimea rădăcinii la plantulele test de *Raphanus sativus* L. (a.) și *Sinapis alba* L. (b.) tratate cu extracte apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană: C – martor/control ; V₁ – 1% ; V₂ – 2% ; V₃ – 5%. Datele modelate grafic reprezintă media $\pm$ deviația standard. Semnificație statistică: ** p < 0,01; *** p < 0,001; **** p < 0,0001. Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic (p $\geq$ 0,05).

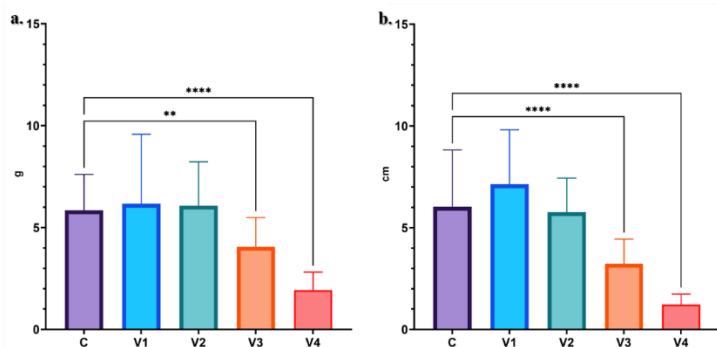


Fig. 4.5.2. Lungimea rădăcinii la plantulele test de *Raphanus sativus* L. (a.) și *Sinapis alba* L. (b.) tratate cu extracte apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium italicum* L. recoltate din flora spontană: C – martor/control ; V₁ – 1% ; V₂ – 2% ; V₃ – 5% ; V₄ – 7,5%. Datele modelate grafic reprezintă media ± deviația standard. Semnificație statistică: ** p < 0,01; **** p < 0,0001. Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic (p ≥ 0,05).

Analizând indicatorul *lungimea hipocotilului*, s-a constatat un efect stimulator la plantulele ambelor specii test, în cazul utilizării extractelor apoase de *E. italicum* de concentrație 1%, 2% și 5% și a celor de *E. vulgare* de concentrație 1% și 2%. Un efect retardant semnificativ asupra creșterii în lungime a hipocotilului s-a constatat numai la plantulele de *Sinapis alba* în cazul aplicării extractelor apoase de concentrație 5% de *E. vulgare* și 7, 5% de *E. italicum*.

Masa proaspătă a plantulelor la cele două specii test a fost redusă semnificativ în cazul utilizării extractelor apoase de concentrație 5% de *E. vulgare* (la specia test *Raphanus sativus*) și de concentrație 7,5% de *E. italicum* (la ambele specii test).

La concentrații mici (1%, 2%) ale extractelor obținute din părți aeriene de *Echium italicum* și *Echium vulgare* s-a constatat un efect stimulator asupra creșterii în lungime a rădăcinii și a hipocotilului plantulelor speciilor test, însă la concentrații mari ale extractelor apoase (5%, 7,5%) efectul obținut a fost retardant.

*IV.5.4.3. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium italicum* L. și *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană asupra conținutului de pigmenți asimilatori al plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test*

Analizând în continuare evoluția compoziției biochimice a plantulelor speciilor de dicotiledonate test *Raphanus sativus* L. și *Sinapis alba* L. obținute din semințe tratate cu extracte apoase ale părții aeriene a plantelor celor două specii de *Echium* avute în atenție, se observă că extractele apoase de *E italicum* în toate concentrațiile testate au produs plantuleleor aparținând ambelor specii test, comparativ cu varianta martor, modificări valorice în sens crescător sau descrescător ale conținutului de clorofilă a, clorofilă b și de pigmenți carotenoizi (**Fig. 4.5.3.**). Extractul de concentrație 5% s-a remarcat printr-o reducere mai evidentă a conținutului de clorofilă a și de pigmenți carotenoidici la specia *Sinapis alba*, aceste modificări ale conținutului de pigmenți asimilatori din plantule nefiind semnificative din punct de vedere statistic.

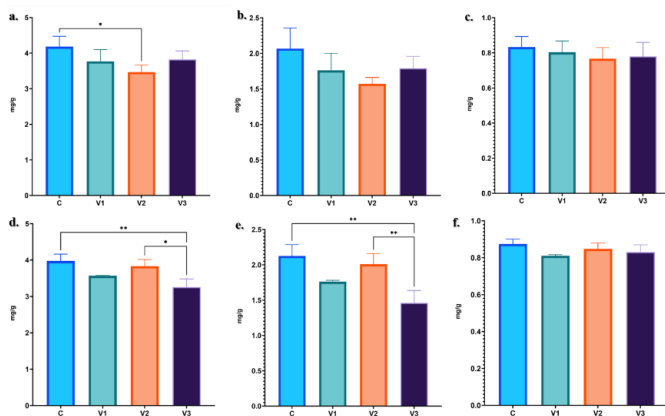


Fig. 4.5.3. Conținutul de clorofilă a (**a., d.**), clorofilă b (**b., e.**) și pigmenți carotenoizi la plantulele (**c., f.**) test de *Raphanus sativus* L. (**a., b., c.**) și *Sinapis alba* L. (**d., e., f.**) tratate cu extracte apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de *Echium vulgare* L. recoltate din flora spontană: C – martor/control ; V₁ – 1%; V₂ – 2%; V₃ – 5%.;. Datele modelate grafic reprezintă media ± deviația standard. Semnificație statistică: * p < 0,05; ** p < 0,01; . Valorile fără steluțe sunt nesemnificative statistic (p ≥ 0,05).

Extracțele apoase de *E. vulgare* în toate concentrațiile testate au redus conținutul de clorofilă a, de clorofilă b și de pigmenți carotenoidici din plantulele ambelor specii test.

IV.5.4.4. Efecte ale extractelor apoase obținute din părți aeriene ale plantelor de Echio italicum L. și Echio vulgare L. recoltate din flora spontană asupra unor indicatori biochimici ai plantulelor unor specii de plante dicotiledonate test

Analiza rezultatelor obținute la plantulele test de *Raphanus sativus* L. și *Sinapis alba* L. obținute din semințe traite cu extracțe apoase preparate din părți aeriene ale plantelor de *Echio italicum* L. recoltate din flora spontană a indicat faptul că indicatorii biochimici analizați (conținutul de polifenoli totali, conținutul de flavonoide și activitatea antioxidantă) au prezentat variații valorice funcție de specia utilizată pentru obținerea extractului, de concentrația acestuia și de specia test luată în studiu.

Pentru conținutul de polifenoli totali din plantule s-a observat creșterea valorică a acestui indicator, comparativ cu martorul, în cazul variantelor de tratament cu extracțe apoase de *E. italicum* și *E. vulgare* de concentrație 5% la ambele specii test.

Analiza rezultatelor privind conținutul de flavonoide din plantulele test a evidențiat o creștere valorică a acestui indicator la 75% din situațiile evaluate față de martor.

Indicatorul activitatea antioxidantă a înregistrat o creștere valorică la 58% din situațiile evaluate față de martor. În cazul utilizării extractelor apoase de concentrație 5% preparate din partea aeriană a plantelor aparținând ambelor specii de *Echio* s-a constatat o situație similară celei descrise pentru indicatorul conținut de polifenoli totali.

Analiza comparativă a rezultatelor obținute privind indicatorii biochimici ai extractelor obținute din plantule de *Raphanus sativus* L. și *Sinapis alba* L. rezultate din semințe supuse tratamentelor cu extracțe apoase preparate din părți aeriene ale plantelor de *Echio italicum* și *Echio vulgare* a evidențiat la ambele specii test: valori ridicate pentru conținutul total de polifenoli, flavonoide totale și pentru activitatea antioxidantă pentru extracțele de concentrație 5%.

Considerăm, de asemenea, că pentru elucidarea potențialului alelopativ al speciilor *Echium italicum* L. și *Echium vulgare* L. sunt necesare studii viitoare, inclusiv de utilizare a unor extracte obținute separat din organele lor aeriene și / sau subterane, de utilizare a noi specii test de importanță economică bine definită pentru studiul efectului respectivelor extracte, precum și de identificare a compușilor chimici principal responsabili din compoziția acestor extracte pentru fenomenul de alelopatie propriu celor două specii de *Echium* avute în atenție.

CONCLUZII

Prezenta teză de doctorat a urmărit să completeze, prin cercetări multidisciplinare, de ordin micromorfologic, histo-anatomic, biochimic și fiziologic, informațiile actuale existente în literatura de specialitate, privind biologia speciilor genului *Echium* L. existente în flora României. În acest context, pot fi enunțate următoarele idei:

♦**Analiza SEM a suprafețelor organelor vegetative și a unor piese florale** la *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. a evidențiat existența unor însușiri micromorfologice generale caracteristice genului *Echium* L., bazat pe dezvoltarea unui înveliș abundent de peri protectori și pe prezența unor suprafețe ale complexului periferic protector relativ uniforme. Toate exemplarele investigate prezintă un înveliș de peri dominat de peri protectori lungi, rigizi, susținuți de rozete epidermice bazale pluricelulare bine dezvoltate. Aceste structuri conferă suprafețelor aspectul hispid caracteristic speciilor de *Echium*.

♦**Analiza micromorfologică comparativă** a exemplarelor din populații provenite din zonele Borca, Suceava, Bacău, Băiceni și Valea lui David a evidențiat un tipar micromorfologic relativ stabil, diferențele dintre populații fiind predominant cantitative.

Rezultatele demonstrează că micromorfologia suprafețelor la speciile investigate este caracterizată printr-un conservatorism microstructural ridicat. Tipurile de peri, prezența rozetelor bazale și organizarea generală a suprafețelor epidermice rămân constante indiferent de organ sau populație. Variabilitatea afectează în principal

densitatea perilor, dimensiunile acestora și valorile indicilor biometrici calculați.

Pe baza parametrilor biometrici și a indicilor utilizați (indice de robustețe, indice de protecție și raportul dintre perii cu și fără rozetă bazală), populațiile de *Echium vulgare* pot fi diferențiate prin gradul de dezvoltare al învelișului de peri, fără modificarea tiparului micromorfologic al speciei.

♦**Analiza nuculelor** confirmă valoarea taxonomică a caracterelor morfologice și micromorfologice în cadrul genului *Echium* L. Principalul caracter este reprezentat de tipul ornamentației suprafeței: *E. russicum* J.F.Gmel. prezintă nucule pustulat-tuberculate, *E. vulgare* L. nucule tuberculat-pustulate, iar *E. italicum* L. nucule tuberculat-echinate, cu protuberanțe spinoase bine dezvoltate. Analiza biometrică evidențiază diferențe progresive de la *E. russicum* J.F.Gmel., la *E. italicum* L., *E. vulgare* L. ocupând o poziție intermediară. În același timp, se observă o relație inversă între densitatea ornamentațiilor mici și dezvoltarea protuberanțelor mari.

♦**Analiza histo-anatomică a organelor vegetative** evidențiază existența unui plan structural comun speciilor investigate, caracteristic genului *Echium* L., bazat pe dezvoltarea unei rădăcini cu structură secundară bine reprezentată, a unei tulpini cu creștere secundară moderată și a unei frunze cu structură bifacială heterofacială.

Diferențele observate la toți taxonii analizați între baza, regiunea mediană și vârful organelor sunt predominant cantitative și reflectă gradul diferit de dezvoltare ontogenetică a țesuturilor. Structura secundară este mai pronunțată în regiunile bazale și se reduce progresiv către zonele apicale.

Echium vulgare L. se caracterizează printr-o rădăcină pivotantă cu cilindru central bine dezvoltat, o tulpină cu structură secundară moderată și o frunză bifacială tipică, cu mezofil diferențiat în țesut palisadic și lacunos. Ansamblul caracterelor anatomice observate sugerează adaptarea plantelor avute în ayenție la habitatele deschise, cu perioade temporare de deficit hidric.

Forma fasciată de *Echium vulgare* L. păstrează aceleași tipuri de țesuturi și aceeași organizare generală, modificările fiind exprimate

în principal prin schimbarea geometriei organului și prin redistribuirea spațială a țesuturilor.

Comparativ cu *E. vulgare* L., *Echium italicum* L. prezintă o dezvoltare mai accentuată a țesuturilor implicate în protecție, conducere și depozitare. Rădăcina dezvoltă o scoarță mai groasă și un parenchim de rezervă mai abundent, tulpina prezintă o lignificare mai accentuată și un înveliș de peri mai bogat, iar frunza se remarcă printr-un mezofil mai compact, cu tendință spre structură ecvifacială.

Diferențele anatomice dintre *E. vulgare* L. și *E. italicum* L. sugerează o accentuare a caracterelor xeromorfe la *E. italicum* L., în concordanță cu preferința acestei specii pentru habitate mai însorite și mai uscate.

♦**Analiza indicatorilor biochimici** a evidențiat existența unei variabilități privind conținutul de apă, substanță uscată și pigmenți asimilatori la speciile investigate. Valorile acestor parametri au fost influențate atât de particularitățile speciilor, cât și de fenofază, de condițiile climatice și caracteristicile habitatelor de proveniență, reflectând capacitatea speciilor de *Echium* de a răspunde la variațiile mediului de viață.

Determinările privind conținutul de polifenoli, flavonoide și activitatea antioxidantă au evidențiat un potențial biochimic ridicat al speciilor investigate, cu valori superioare la *Echium vulgare* L.

♦**Testele de germinație** realizate la nucule după analiza SEM au demonstrat că procesul de pregătire și examinare a acestora nu afectează viabilitatea semințelor. Mai mult, în cazul speciei *Echium russicum* J.F.Gmel., s-a observat o influență favorabilă asupra germinației, rezultat care deschide perspective pentru utilizarea tehnicilor SEM în studiul speciilor rare și protejate, fără riscul de compromitere a materialului biologic.

♦**Cercetările privind imbibiția, germinația și creșterea** au evidențiat efectul stimulatив al tratamentului cu Atonik asupra semințelor de *Echium russicum* J.F.Gmel. Aplicarea biostimulatorului a favorizat atât germinația, cât și dezvoltarea plantulelor, confirmând observațiile raportate anterior pentru efectul acestui biostimulator asupra altor specii și furnizând date noi privind eventuala conducere a

procesului de germinație și cultivare a acestei specii de interes comunitar.

♦**Experimentele privind efectul metalelor grele (cuprul sub formă de sulfat de cupru și zincul sub formă de sulfat de zinc)** au arătat că, în intervalele de concentrații testate, procesele de imbibiție și germinație nu au fost afectate semnificativ la *Echium vulgare* L. și *Echium russicum* J.F.Gmel. Aceste rezultate sugerează existența unei toleranțe relativ ridicate a semințelor respectivilor taxoni la concentrațiile utilizate și completează informațiile disponibile privind răspunsul acestora la stresul indus de metale grele.

♦**Evaluarea potențialului alelopatic** a demonstrat capacitatea extractelor apoase obținute din părți aeriene înflorite de *Echium vulgare* L. și *Echium italicum* L. de a influența germinația, creșterea plantulelor și conținutul de pigmenți asimilatori la speciile dicotiledonate test. Dintre cele două specii, *Echium vulgare* L. a manifestat un efect alelopatic mai pronunțat, iar specia test *Sinapis alba* L. s-a dovedit mai sensibilă la acțiunea extractelor.

*

* *

●În ansamblu, rezultatele privind biologia speciilor genului *Echium* L. avute în atenție evidențiază existența unor mecanisme complexe de adaptare și interacțiune ale acestora cu mediul de viață și completează literatura de specialitate cu date originale privind caracterele lor morfo-anatomice, compoziția biochimică, capacitatea germinativă, toleranța la factori de stres și potențialul alelopatic.

●Rezultatele obținute evidențiază și susțin faptul că speciile genului *Echium* L. analizate combină stabilitatea caracterelor structurale de bază (conservarea planului general de structură) cu capacitatea de adaptare funcțională la condițiile ecologice ale habitatelor ocupate, motivând astfel succesul lor ecologic.

●Studiul realizat aduce, totodată, date originale privind variabilitatea populațională și valoarea taxonomică a nuculelor exemplarelor aparținând speciilor de *Echium* avute în atenție, demonstrează particularitățile biologice ale taxonilor genului *Echium*

L. existenți în flora României și deschide noi direcții de investigare a biologie lor la nivel național.

DISEMINAREA REZULTATELOR OBTINUTE

Publicații:

1.1. Articole științifice publicate în extenso în jurnale incluse în baze de date internaționale (BDI) •

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M.-M., **2026**, Influence of pregermination treatment with Atonik on nutlets imbibition and seedling growth of *Echium russicum* J.F. Gmel. *Studia Univ. VG, SSV*, vol. 36,iss.3, 2026

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A.,2023, The Effect of zinc on germination in species of the genus *Echium* (family Boraginaceae). *Acta Biologica Marisiensis*, 6(1), 46-53.

1.2. Lucrări publicate în rezumat la conferințe •

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Costică, N., 2023. Research regarding the nutlets micromorphology of species belonging to the genus *Echium* L. (Boraginaceae family) *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 24(4): 239-240.

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022**. *Echium italicum* L. (family Boraginaceae): biological characteristics and potential uses. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2):43.

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022**, Aspects regarding the content of assimilatory pigments in *Echium vulgare* L. species from natural and anthropoized habitats (NE region of Romania). *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2):63.

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M. M., **2021**. Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 22(2):10.

Participări la manifestări științifice:

Conferințe naționale

Tendințe în Biologie: de la molecule la sisteme complexe, Facultatea de Biologie, Iași, 2023 în lucrarea cu titlul: Research regarding the nutlets micromorphology of species belonging to the genus *Echium* L. (Boraginaceae family), autori: **Sava, A. R.**, Zamfirache, M. M., Costică, N.. -Poster

Tendințe în Biologie: de la molecule la sisteme complexe, Facultatea de Biologie, Iași, 2022 în lucrarea cu titlul: *Echium italicum* L. (family Boraginaceae): biological characteristics and potential uses, autori: **Sava, A. R.**, Zamfirache, M. M., Stratu, A. -Poster

Tendințe în Biologie: de la molecule la sisteme complexe, Facultatea de Biologie, Iași, 2022 în lucrarea cu titlul: Aspects regarding the content of assimilatory pigments in *Echium vulgare* L. species from natural and anthropized habitats (NE region of Romania), autori: **Sava, A. R.**, Zamfirache, M. M., Stratu -Poster

Tendințe în Biologie: de la molecule la sisteme complexe, Facultatea de Biologie, Iași, 2021 în lucrarea cu titlul: Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species, autori: **Sava, A. R.**, Stratu, A., Zamfirache, M. M. -Poster

Sesiunea științifică anuală a studenților naturaliști, Ediția a IV-a, Iași, 31 octombrie **2020**, în lucrarea cu titlul: Contribuții la cunoașterea distribuției și stării de conservare a speciei *Echium russicum* J. F. Gmelin. în situri natura 2000 din România, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Irina Irimia, Maria-Magdalena Zamfirache -Prezentare

Conferințe internaționale

Trends in Biology: from molecules to complex systems 2026, 15-18 octombrie **2026**, în lucrarea cu titlul: Distribution of *Echium* species in Romania based on herbarium data, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Irina Irimia, Maria-Magdalena Zamfirache – Poster

Trends in Biology: from molecules to complex systems 2026, 15-18 octombrie **2026**, în lucrarea cu titlul: A case of fasciation in *Echium vulgare* L.: histo-anatomical and physiological observations compared to the normal form, Autori: **Alexandra Roxana Sava**, Costică Naela, Stratu Anișoara, Maria-Magdalena Zamfirache - Poster

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

Abdel Aal, M., & El-Shazly, A. (1999). Comparative macro-and micromorphological study of *Echium horridum* Batt. and *Echium rauwolfii* Del. (Boraginaceae). *Zagazig Journal of Pharmaceutical Sciences*, 8(1), 28-46.

Acatrinei G., 1991. Reglarea proceselor ecofiziologice la plante. Ed. Junimea Iași

Akcin, O. E., Baki, H., 2007. Micromorphology and anatomy of three *Symphytum* (Boraginaceae) taxa from Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 36(2), 93-103.

Akçin, Ö. E., Çoskunçelebi, K., Senel, G., 2012. Foliar anatomy of *Cynoglossum* L. (Boraginaceae) from north Anatolia, Turkey. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 19(2), 101-108.

Akcin, T. A., Ulu, S. E. N. A. Y., Akcin, A. D. N. A. N., 2010. Morphological, anatomical and numerical studies on some *Anchusa* L. (Boraginaceae) taxa from Turkey. *Pak. J. Bot.*, 42(4), 2231-2247.

Alamholo, M., 2020. Antiradical and antibacterial activity of *Echium altissimum* extracts on human infective bacteria and chemical composition analysis. *Microbiology, Metabolites and Biotechnology*, 3(1), 19-27.

Albreht, A., Vovk, I., Simonovska, B., Srbinska, M., 2009. Identification of shikonin and its ester derivatives from the roots of *Echium italicum* L., *Journal of Chromatography A*, 1216 (15): 3156-3162

Aldridge, A. E., 1981. Anatomy and evolution in Macaronesian *Echium* (Boraginaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 138(1-2), 9-22.

Alsanie, W. F., El-Hallous, E. I., Dessoky, E. S., Ismail, I. A., 2018. Viper's bugloss (*Echium vulgare* L.) extract as a natural antioxidant and its effect on hyperlipidemia. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 8(1), 81–89.

Altundag, E., Ozturk, M., 2011. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 19, 756-777.

Atessahin, D. A., Dalkilic, S., Dalkilic, L. K., Bayindir, D., Cetinkaya, E., 2025. Evaluation of cytotoxic, antimicrobial, and antioxidant activities of *Echium italicum* L. in MCF-7 and HepG2 cell lines. *International Journal of Plant Based Pharmaceuticals*, 5(1), 25-32.

Ateşşahin, D. A., Dalkılıç, L. K., Özeren, Y., Dalkılıç, S., Çakmak, K., Çiçek, T. A., 2023. Investigation of cytotoxic, antimicrobial and antioxidant activity of *Echium vulgare* L. seed. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 7(2), 129-135.

Baas, P., Schweingruber, F. H., 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *IAWA Journal*, 8(3), 245-274.

Bacchetta, G., Brullo, S., Selvi, F., 2000. *Echium anchusoides* (Boraginaceae), a new species from Sardinia (Italy). *Nordic Journal of Botany*, 20(3), 271-278.

Barberis, M., Bogo, G., Bortolotti, L., Flaminio, S., Giordano, E., Nepi, M., Galloni, M., 2022. Nectar Chemistry Changes Over Season in *Echium vulgare* L. Available at SSRN 4220117.

Barykina, R. P., Alyonkin, V. Y., 2016. Pubescence of vegetative organs and trichome micromorphology in some Boraginaceae at different ontogenetic stages. *Wulfenia*, 23, 1-29.

Barykina, R. P., Alyonkin, V. Y., 2017. Syncotyly in seedlings and sprouts of some Boraginaceae: genesis, structure and function of the cotyledon tube. *Wulfenia*, 24, 11-28.

Barykina, R. P., Alyonkin, V. Y., 2018. Ontogenetic transformation in the anatomical structure of leaf-like formations in some herbaceous Boraginaceae growing under various edaphoclimatic conditions. *WULFENIA*, 25, 31-51.

Barykina, R. P., Churikova, O. A., Alyonkin, V. Y., 2016. Anatomical characteristics of vegetative organs of selected members of *Coldenia* sl (Boraginaceae). *WULFENIA*, 23, 80-97.

Bădărău, A. S., 2013. Plante, Habitate, în Brînzan T., *Catalogul habitatelor, speciilor și siturilor natura2000 în România*, Editura Fundația Centrul Național pentru Dezvoltare Durabilă, Exclus Prod, București.

Beldie, A., Chiriță, C., 1967. *Flora indicatoare din pădurile noastre*. Edit. Agro-Silvică, București, p. 57.

Beldie, Al., 1979. *Flora României: determinant ilustrat al plantelor vasculare, II*. Edit. Academiei Republicii Populare Romine, București: 48-49

Bojnanský, V., Fargašová, A., 2007. *Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora: the Carpathian Mountains region*. Springer Science & Business Media. Springer Science & Business Media.

Boldor, O., Raianu, O., Trifu, M., 1983. Fiziologia plantelor lucrări practice. Editura Didactică și Pedagogică, București.

Bošković, I., D., Đukić, D., A., Mašković, P., Z., Mandić, L., G., 2017. Phytochemical composition and biological activity of *Echium italicum* L. plant extracts. *Bulgarian Chemical Communications*, 49, 836-845.

Bošković, I., Đukić, D., Mandić, L., Mašković, P., Govedarica-Lucic, A., 2021. Antioxidant and cytotoxic potential of selected plant species of the Boraginaceae family. *Agriculture & Forestry*, 67(2), 53–61.

Boskovic, I., Đukić, D., Mašković, P., Mandić, L., 2022. Influence of solvent type on the phenolic content and antimicrobial and antioxidant properties of *Echium vulgare* L. extracts. *Farmacia*, 70(4), 665–670.

Bramwell, D., 1972. A revision of the genus *Echium* in Macaronesia. *Lagascalia*, 2(1), 37–115.

Burzo, I., 2014. Modificările climatice și efectele asupra plantelor horticole. Editura Sitech, Craiova, România.

Carlquist, S., 1970. Wood anatomy of *Echium* (Boraginaceae). *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 7(2), 183-199.

Carvalho, J. A., Pontes, T., Batista-Marques, M. I., & Jardim, R. (2010). A new species of *Echium* (Boraginaceae) from the island of Porto Santo (Madeira Archipelago). In *Anales del jardin botanico de Madrid* (Vol. 67, No. 2, pp. 87-96). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Chifu T., Murariu A, Muștață G.1998. Fotosinteza și productivitatea ecosistemelor. Ed. Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași

Chifu, T. (ed.), Irimia, I., Zamfirescu, O., 2014. *Diversitatea fitosociologică a vegetației României*. Vol. 1-3. Institutul European, Iași.

Chifu, T., Mânzu, C., Zamfirescu, O., 2006. Flora și vegetația Moldovei (România). Vol. I: Flora; Vol. II: Vegetația. Iași: Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”.

Chiriță, C. D., Păunescu, C., Teaci, D., 1967. Solurile României: cu un determinant în culori. București: Editura Agro-Silvică.

Chrzanowska, E., Denisow, B., Ekiert, H., Pietrzyk, Ł., 2024. Metabolites Obtained from Boraginaceae Plants as Potential Cosmetic Ingredients—A Review. *Molecules*, 29(21), 5088.

Chwil, M., Weryszko-Chmielewska, E., 2007. Nectary structure and nectar secretion of *Echium russicum* J.F. Gmel. flowers. *Acta Agrobotanica*. 60, 1: 25-33.

Ciocârlan, V., 2009. Flora ilustrată a României. Pteridophyta et Spermatophyta. Ediția a III-a revizuită și adăugită. Editura Ceres, București.

Cohen, J. I., 2014. A phylogenetic analysis of morphological and molecular characters of Boraginaceae: evolutionary relationships, taxonomy, and patterns of character evolution. *Cladistics*, 30(2), 139-169.

Conforti, F., Sosa, S., Marrelli, M., Menichini, F., Statti, G. A., Uzunov, D., ... , Menichini, F., 2009. The protective ability of Mediterranean dietary plants against the oxidative damage: The role of radical oxygen species in inflammation and the polyphenol, flavonoid and sterol contents. *Food Chemistry*, 112(3), 587-594.

Conforti, F., Sosa, S., Marrelli, M., Menichini, F., Statti, G. A., Uzunov, D., Tubaro, A., Menichini, F., Della Loggia, R., 2008. In vivo anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of Mediterranean dietary plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 144-151.

De Natale, A., Pollio, A., 2007. Plants species in the folk medicine of Montecorvino Rovella (inland Campania, Italy). *Journal of Ethnopharmacology*, 109, 295-303.

Delage, A., 2018. *Echium montenielluense* (Boraginaceae), une nouvelle espèce endémique de Corse. *Candollea*, 73(2), 193-199.

Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., 2005. Physiological response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to nitrophenolate biostimulant. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(6), 460-467.

Drăgulescu, C., 1992. *Plante medicinale-alimentare din flora spontană*. Editura Ceres. București, p. 52

Dresler, S., Bednarek, W., Hawrylak-Nowak, B., & Wójcik, M., 2017. Morphometric and phytochemical profile of seeds of metallicolous and nonmetallicolous *Echium vulgare* populations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 70, 304-310.

Dresler, S., Rutkowska, E., Bednarek, W., Stanisławski, G., Kubrak, T., Bogucka-Kocka, A., Wójcik, M., 2017. Selected secondary metabolites in *Echium vulgare* L. populations from nonmetalliferous and metalliferous areas. *Phytochemistry*, 133, 4-14.

Ebadi M, Ghahraman B, Matin AA, Mollaei S, Nikzat S., 2024. Variation of Phenolic Acid Compounds in the Iranian Germplasm of Boraginaceae, a Chemotaxonomy Approach. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*. 1: 171-177. <https://doi.org/10.22034/jmpb.2023.128824>

Enache, L., 2009. Agrometeorologie. Editura USAMV București, România.

Eruygur, N., 2018. A simple isocratic high-performance liquid chromatography method for the simultaneous determination of shikonin derivatives in some *Echium* species growing wild in Turkey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 15(1), 38.

Eruygur, N., Yılmaz, G., Kutsal, O., Yücel, G., Üstün, O., 2016. Bioassay-guided isolation of wound healing active compounds from *Echium* species growing in Turkey. *Journal of ethnopharmacology*, 185, 370-376.

Eruygur, N., Yılmaz, G., Üstün, O., 2012. Analgesic and antioxidant activity of some *Echium* species wild growing in Turkey. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 37(3), 151.

Faezizadeh, Z., Gharib, A., Godarzee, M., 2016. Effects of some Boraginaceae species extracts on albumin, hemoglobin and crystalline glycation reaction. *Indian J. Pharm. Sci*, 78(4), 486-491.

Filimban, F. Z., Ullah, A., Ahmad, S., Shah, H., Iqbal, R., Khan, K., ..., Aslam, M. M., 2025. Taxonomic Implications of Seed Morphology of *Cyperus*, *Heliotropium*, and *Onosma* Using Scanning Electron Microscopy: Key Tools for Accurate Taxonomic Identifications. *Biology Bulletin*, 52(12), 380.

Florea, N., Conea, A., Munteanu, I., 1971. Harta pedologică a Republicii Socialiste România. *Scara, I*, 500000.

Florea, N., Munteanu, I., 2012. Sistemul român de taxonomie a solurilor (SRTS-2012). București: Editura Estfalia / ICPA București.

Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanaka, T., Takaishi, Y., 1995. Traditional medicine in Turkey VII. Folk medicine in middle and west Black Sea regions. *Economic Botany*, 49(4), 406–422.

Gafta D., Mountford J., O., 2008. *Manual de interpretare a habitatelor Natura 2000 din România. Risoprint*, Cluj-Napoca.

Ghasemi, P. A., Momeni, M., Bahmani, M., 2013. Ethnobotanical study of medicinal plants used by Kurd tribe in Dehloran and Abadan districts, Ilam province, Iran. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 10(2), 368-385.

Gibbs, P. E., 1972. *Echium* L. in Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A., *Flora Europaea*, vol. 3, *Diapensiaceae to Myoporaceae*. The University Press. Cambridge, p. 97-100

Gillani, S. W., Ahmad, M., Manzoor, M., Shaheen, H., Zhang, L., Alwahibi, M. S., Elsadek, M. F., Sultana, S., Jabeen, S., Sadia, B., 2024. Systematic significance of achene macro- and micromorphological characteristics and associated flora of genus *Persicaria* from temperate Himalayan region of Kashmir. *Polish Journal of Environmental Studies*, 34(5), 6145–6161.

Grințescu, I., 1960. *Echium* L., in Săvulescu, T. (Ed.). *Flora Republicii Populare Romîne, VII*. Edit. Academiei Republicii Populare Romîne, București: 230-237

Guil-Guerrero, J. L., Garcia-Maroto, F., Vilches-Ferrón, M. A., López-Alonso, D., 2003. Gamma-linolenic acid from fourteen Boraginaceae species. *Industrial Crops and Products*, 18(1), 85-89.

Gürbüz, İ. L. H. A. N., Özatkan, G., Akaydin, G., Günbatan, T. U. Ş. B. A., 2021. Ethnopharmacobotanical findings of medicinal plants in the Kızılcahamam District of Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 18(6), 667.

Guşleac, M., 1960. Boraginaceae Lidl., in Săvulescu, T. (Ed.). *Flora Republicii Populare Romîne, VII*. Edit. Academiei Republicii Populare Romîne, Bucureşti: 200-202

Han, M. İ., Bulut, G., 2015. The folk-medicinal plants of Kadisehri (Yozgat-Turkey). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 84(2).

Heberling, J. M., Prather, L. A., Tonsor, S. J., 2019. The changing uses of herbarium data in an era of global change: An overview using automated content analysis. *BioScience*, 69(10), 812–822.

Herald, T. J., Gadgil, P., Tilley, M., 2012. High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2326–2331.

Hilger, H. H., & Böhle, U. R. (2000). Pontechium: a new genus distinct from Echium and Lobostemon (Boraginaceae). *Taxon*, 737-746.

Hosseinzadeh, H., Shahandeh, S., Shahsavand, S., 2012. Anxiolytic and hypnotic effects of aqueous and ethanolic extracts of aerial parts of *Echium italicum* L. in mice. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 7(2), 71.

Ifrim, C., Toniuc, A., 2006. *Câteva considerații histo-anatomice la patru taxoni din familia Boraginaceae*. ucrări Științifice: Seria Horticultură, **1 (49)**.

Ion, N., Roman, G. V., Ion, V., Epure, I. L., Toader, M., Bășa, A, G., 2008. *Specii de plante medicinale și aromatice melifere*. Editura Alpha MDN. Buzău, p. 54-55; ISBN 978-973-139-063-5

Islam, A. K. M. M., Kato-Noguchi, H., 2014. Phytotoxic activity of *Ocimum tenuiflorum* extracts on germination and seedling growth of different plant species. *The Scientific World Journal*, 2014, Article ID 676242.

Jia, Z., Tang, M., Wu, J., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555–559.

Jin, J., Boersch, M., Nagarajan, A., Davey, A. K., Zunk, M., 2020. Antioxidant properties and reported ethnomedicinal use of the genus *Echium* (Boraginaceae). *Antioxidants*, 9(8), 722.

Karakaş, F. P., Yildirim, A., Türker, A., 2012. Biological screening of various medicinal plant extracts for antibacterial and antitumor activities. *Turkish journal of biology*, 36(6), 641-652.

Klemow, K. M., Clements, D. R., Threadgill, P. F., Cavers, P. B., 2002. The biology of Canadian weeds. 116. *Echium vulgare* L. *Canadian journal of plant science*, 82(1), 235-248.

Kocira, A., Kocira, S., Świeca, M., Złotek, U., Jakubczyk, A., Kapela, K., 2017. Effect of foliar application of a nitrophenolate-based biostimulant on the yield and quality of two bean cultivars. *Scientia Horticulturae*, 214, 76–82.

Kumar N., Goel N., 2019. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*. 24. e00370.

Latini, A., Papagni, I., Gatti, L., De Rossi, P., Campiotti, A., Giagnacovo, G., ..., Mariani, S., 2022. *Echium vulgare* and *Echium plantagineum*: A comparative study to evaluate their inclusion in Mediterranean urban green roofs. *Sustainability*, 14(15), 9581.

Lichtenthaler, H., K., Wellburn A., R., 1983 "Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents." 591-592.

Mädge, I., Gehling, M., Schöne, C., Winterhalter, P., These, A., 2020. Pyrrolizidine alkaloid profiling of four Boraginaceae species from Northern Germany and implications for the analytical scope proposed for monitoring of maximum levels. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(8), 1339–1358.

Marler, T. E., 2019 - Temperature and imbibition influence *Serianthes* seed germination behavior. *Plant (Basel)*, 8(4): 107, doi: 10.3390/plants8040107

Metcalf, C. R., Chalk, L., 1950. Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on

economic uses. Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses.

Mihoğlugil, F., Akalgan, D., Tosun, F., 2023. Cytotoxicity screening of some Turkish plants against renal cancer cells. *Journal of Research in Pharmacy*, 27(2), 636-641.

Milică, C. I., Roman, C. N., Troia, D., 2012. Flora medicinală a României. Doxologia. Iași, p. 153; ISBN 978-606-8278-12-4

Mitkov, S., Obreshkova, D., Ilieva, I., Pangarova, T., Pencheva, I., 2002. Phenolcarboxylic acids in *Echium vulgare* L. *Acta Pharmaceutica Turcica*, 44(1), 43-48.

Moallem, S. A., Hosseinzadeh, H., Ghoncheh, F., 2007. Evaluation of antidepressant effects of aerial parts of *Echium vulgare* on mice. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 10(3), 189–196.

Molinelli, M. L., Tarifa, R., Perissé, P., 2020. Morpho-anatomy of the *Echium plantagineum* L. (Boraginaceae) diaspores in relation with water uptake and germination. *Phyton*, 89(2), 345.

Morteza-Semnani, K., Saeedi, M., Akbarzadeh, M., 2009. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Echium italicum* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(5), 557-561.

Możdżeń, K., Barabasz-Krasny, B., Sołtys-Lelek, A., Stachurska-Swakoń, A., Puła, J., 2016. Effect of aqueous extracts of shepherd's-purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) on germination and growth of lettuce variety 'Maryna' (*Lactuca sativa* L. cv. 'Maryna'). *Agronomy Science*, 71(2), 1–10.

Nićiforović, N., Mihailović, V., Mašković, P., Solujić, S., Stojković, A., Muratspahić, D. P., 2010. Antioxidant activity of selected plant species; potential new sources of natural antioxidants. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3125-3130.

Niciforovic, N., Solujic, S., Mihailovic, V., Pavlovic-Muratspahic, D., 2010. In vitro antioxidant activity and tannin content of *Echium italicum* L. *Planta Medica*, 76(12), P248.

Nikolova, M., Evstatieva, L., Nguyen, T. D., 2011. Screening of plant extracts for antioxidant properties. *Botanica Serbica*, 35(1), 43-48.

Nogala-Kalucka, M., Rudzinska, M., Zadernowski, R., Siger, A., Krzyzostaniak, I., 2010. Phytochemical content and antioxidant properties of seeds of unconventional oil plants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(12), 1481-1487.

Özcan, T., 2008. Analysis of the total oil and fatty acid composition of seeds of some Boraginaceae taxa from Turkey. *Plant Systematics and Evolution*, 274(3), 143-153.

Özcan, T., 2013. Molecular (RAPDs and Fatty acid) and micromorphological variations of *Echium italicum* L. populations from Turkey. *Plant systematics and evolution*, 299(3), 631-641.

Özcan, T., 2016. Amino acid patterns in the aerial parts of *Echium* L. and *Anchusa* L. growing in the sand dunes of Turkey. *International Journal of Plant & Soil Science*, 11(3), 1-9.

Özcan, T., Süzerer, V., 2020. Variation of some seed oil components at altitudinal range in a widely distributed species, *Echium italicum* L. (Boraginaceae) from Turkey. *Journal of Materials and Environmental Science*, 11(4), 540-550.

Özgökçe, F., Özçelik, H., 2004. Ethnobotanical aspects of some taxa in East Anatolia, Turkey. *Economic Botany*, 58(4), 697-704.

Papp, N., Bencsik, T., Németh, K., Gyergyák, K., Sulc, A., Farkas, Á., 2011. Histological study of some *Echium vulgare*, *Pulmonaria officinalis* and *Symphytum officinale* populations. Natural product communications, 6(10), 1934578X1100601017.

Paulette, L., 2008. Pedologie. Todesco.

Pieroni, A., 2000. Medicinal plants and food medicines in the folk traditions of the upper Lucca Province, Italy. *Journal of Posea*, G., Munteanu, I., Ianoş, G., 1982. Enciclopedia geografică a României. Bucureşti: Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică.

Rao, B. H., Kumar, K. R., 1989. Xylotomical studies of some Boraginaceae. *Proceedings: Plant Sciences*, 99(5), 417-422.

Romeiras, M. M., Ascensão, L., Duarte, M. C., Diniz, M. A., Pais, M. S., 2008. Taxonomy of *Echium* (Boraginaceae) species from Cape Verde Islands. *Australian systematic botany*, 21(1), 26-38.

Romeiras, M. M., Cotrim, H. C., Duarte, M. C., Pais, M. S., 2007. Genetic diversity of three endangered species of *Echium* L.(Boraginaceae) endemic to Cape Verde Islands. *Biodiversity and Conservation*, 16(2), 547-566.

Roso, R., Nunes, U. R., Paranhos, J. T., Müller, C. A., Fernandes, T. S., Ludwig, E. J., 2017. Germination of *Echium plantagineum* L. seeds submitted to dormancy overcoming and variations in temperature, light and depth of sowing. *Journal of Seed Science*, 39(03), 262-271.

Sahranavard, S., Naghibi, F., Mosaddegh, M., Esmaeili, S., Sarkhail, P., Taghvaei, M., Ghafari, S., 2009. Cytotoxic activities of selected medicinal plants from Iran and phytochemical evaluation of the most potent extract. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 133.

Sava, A. R., Boz, I., Costică, N., 2019. Contribution to the knowledge of vegetative organs structure at *Echium russicum* J.F. Gmelin. *Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza” Iași s. II a. Biologie vegetală*, 2019, 65: 44-54

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M. M., **2021.** Aspects regarding the ecology and importance of *Echium vulgare* L. and *Echium italicum* L. species. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 22(2);

Sava, A. R., Stratu, A., Zamfirache, M.-M., **2026,** Influence of pregermination treatment with Atonik on nutlets imbibition and seedling growth of *Echium russicum* J.F. Gmel. *Studia Univ. VG, SSV*, vol. 36,iss.3, 2026

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Costică, N., 2023. Research regarding the nutlets micromorphology of species belonging to the genus *Echium* L. (Boraginaceae family) *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 24(4): 239-240.

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., **2022a.** *Echium italicum* L. (family Boraginaceae): biological characteristics and potential uses. *Journal of Experimental & Molecular Biology*, 23(2).

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., 2022b, Aspects regarding the content of assimilatory pigments in *Echium vulgare* L. species from natural and anthropized habitats (NE region of Romania). Journal of Experimental & Molecular Biology, 23(2).

Sava, A. R., Zamfirache, M. M., Stratu, A., 2023. The Effect of zinc on germination in species of the genus *Echium* (family Boraginaceae). Acta Biologica Marisiensis, 6(1), 46-53.

Sava, A.R., Irimia, I., Zamfirache, M.M., 2020. Contribuții la cunoașterea distribuției și stării de conservare a speciei *Echium russicum* J. F. Gmelin. în situri natura 2000 din România. Sesiunea științifică anuală a studenților naturaliști, Ediția a IV-a, Iași, 31 octombrie.

Sârbu, I., Ștefan, N., Oprea, A., 2013. *Plante vasculare din România. Determinator ilustrat de teren*. Edit. Victor B Victor, București.

Secu, C. V., Rusu, C., 2007. Geografia solurilor cu elemente de pedologie. Editura Universității "Alexandru Ioan Cuza.

Selvi, F., Bigazzi, M., 2001. Leaf surface and anatomy in Boraginaceae tribe Boragineae with respect to ecology and taxonomy. Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 196(4), 269–285.

Shinde, R.D., Gupte, N., 2023. The Systematic Position of Some Species of Boraginaceae Family as Inferred Using rbcL Barcode Marker of Chloroplast Genome. Annals of Plant Sciences, 12(4), 5842–5854.

Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M., 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. Methods in Enzymology, 299, 152–178

Skoneczny, D., Weston, P. A., Zhu, X., Gurr, G. M., Callaway, R. M., Weston, L. A., 2015. Metabolic profiling of pyrrolizidine alkaloids in foliage of two *Echium* spp. invaders in Australia—A case of novel weapons? International Journal of Molecular Sciences, 16(11), 26721–26737.

Sofian, A., 2003. Structura organelor vegetative de la unele specii de Boraginaceae din rezervația naturală Fânețeleseculare Valea lui David. Lucrare de licență, Universitatea “Alexandru Ioan Cuza” Iași.

Stefova, E., Cvetanoska, M., Bogdanov, J., Matevski, V., Stanoeva, J. P., 2022. Assessment of distribution and diversity of pyrrolizidine alkaloids in the most prevalent Boraginaceae species in Macedonia. *Chemistry & Biodiversity*, 19(7), e202200066.

Șerbănescu-Jitariu, G., Andrei, M., Rădulescu-Mitroiu, N., Petria, E., 1983. Practicum de biologie vegetală. București: Editura Ceres.

Tabata, M., Sezik, E., Honda, G., Yeşilada, E., Fukui, H., Goto, K., Ikeshiro, Y., 1994. Traditional medicine in Turkey III. Folk medicine in East Anatolia, van and Bitlis provinces. *International journal of pharmacognosy*, 32(1), 3-12.

Tahmouzi, S., 2014. Extraction, antioxidant and antilisterial activities of polysaccharides from the flower of viper's bugloss. *International Journal of Biological Macromolecules*, 69, 523-531.

Taravati, G., Masoudian, N., Gholamian, A., 2014. Evaluation of Medical Metabolites in Boraginaceae Family. *Journal of Chemical Health Risks*, 4, 53–61.

Tarnavski, I., T., Șerbanescu-Jitariu, G., Mitroiu-Rădulescu, N., Rădulescu, D., 1974 - *Practicum de morfologie și anatomie vegetală*, Editura Universitatea din București, Facultatea de Biologie, București

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.

Toma, C., Toniuc, A., 2008., *Dezvoltarea cercetărilor de fitomorfologie în ultima jumătate de secol la Universitatea din Iași*. An. Șt. Univ. “Al. I. Cuza” Iași, **54 (1)** (supl., s. II a. Biol. Veget): p. 5 – 41.

Toma, L.D., Jităreanu, C.D., 2007. Fiziologie vegetală. Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași

Trif C., R., Făgăraș M., Hîrjeu N., C., Niculescu M., 2015, *Ghid sintetic de monitorizare pentru habitatele de interes comunitar (sărături, dune continentale, păjiști, apă dulce) din România*. Editura Boldăș. București.

Ullah, A., Ahmad, M., Ahmad, S., Shah, H., Ullah, T., Al-Ghamdi, A. A., ..., Gurbanova, L., 2025. First Report of Palynological Study and Taxonomic Significance of Boraginaceae Using Scanning Electron Microscopy. *Polish Journal of Environmental Studies*.

Uysal, İ., Mohammed, F. S., Şabik, A. E., Kına, E., Sevindik, M., 2021. Antioxidant and Oxidant status of medicinal plant *Echium italicum* collected from different regions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(10), 1902-1904.

Vukajlović, F. N., Pešić, S. B., Tanasković, S. T., Predojević, D. Z., Gvozdenac, S. M., Prvulović, D. M., Bursić, V. P., 2019. Efficacy of *Echium* spp. water extracts as post-harvest grain protectants against *Plodia interpunctella*. *Romanian*

Weryszko-Chmielewska, E., Chwil, M., 2008. Micromorphology of glandular structures in *Echium vulgare* L. flowers. *Acta Agrobotanica*. 61, 2: 25-34.

Yeşil, Y., 2017. Anatomical investigations of *Nonea dumanii* (Boraginaceae). *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21(4), 804-809.

Zhang, Z., Zhang, Z., Hautier, Y., Qing, H., Yang, J., Bao, T., Hajek, O., Knapp, A.K., 2023. Effects of intra-annual precipitation pattern on grassland productivity moderated by the dominant species phenology. *Front. Plant. Sci.* 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1142786>

Zhu, X., Weston, P. A., Skoneczny, D., Gopurenko, D., Meyer, L., Lepschi, B. J., ... Weston, L. A., 2017. Ecology and genetics affect relative invasion success of two *Echium* species in southern Australia. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.

Baze de date:

Anexa I a Directivei 92/43 CEE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=celex:31992L0043> (accesat la data de 10/01/2026).

European Nature Information System (EUNIS):
<https://eunis.eea.europa.eu/species/162097> (05/04/2021)

Ghid de utilizare software ArcGis Pro:
<https://guides.library.brandeis.edu/arcgispro/georeferencing> (accesat la data de 10.04.2026)

https://www.meteoromania.ro/clim/caracterizare-anuala/cc_2022.html (accesat la data de 10/01/2026).

ICPA (Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA București) :
<https://icpa.ro/harti-sol/> (accesat la data de 19.12.2025)

Linnaeus, C. (1759). *Echium maculatum* L., Systema Naturae, 10th ed. <https://ipni.org/n/115761-1> (accesat la data de 10/01/2026).

Meteoblue:
https://www.meteoblue.com/ro/vreme/historyclimate/weatherarchive/iași_românia_675810 (accesat la 23.08.2022)

Natura 2000 Network Viewer. European Nature Information System:
<https://natura2000.eea.europa.eu/#> (accesat la data de 06/06/2021).

Plants of the World Online (POWO). Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet: *Echium italicum*: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30062099-2#distributions> (accesat la data de 10/01/2026); *Echium russicum* <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30062099-2#distributions> (accesat la data de 10/01/2026); *Echium vulgare* <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:1017661-1> (10/01/2026).

World Flora Online (WFO). *Pontechium maculatum* (L.) Böhle & Hilger. <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0001276201> (accesat la data de 10/01/2026).

