

**Universitatea Babeş -Bolyai**  
**Facultatea de Biologie și Geologie**  
**Școala doctorală de Biologie Integrativă**

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**Ecologia și plasticitatea fenotipică a speciilor de**  
***Crataegus* L. în România**

**-REZUMAT-**

**Conducător de doctorat**  
**Conf. Dr. Eszter RUPRECHT**

**Student doctorand**  
**Thomas KUHN**

**Cluj-Napoca**  
**2023**

## Cuprins

|  |    |
|--|----|
| Structura tezei de doctorat.....   | 6  |
| CAPITOL I. – Introducere generală asupra păducelor .....   | 8  |
| 1. Taxonomia păducelor.....  | 8  |
| 1.1. Poziția taxonomică a păducelor ( <i>Crataegus</i> L.) în familia Rosaceae.....  | 8  |
| 1.2. Clasificarea infragenerică a păducelor.....   | 9  |
| 1.3. Istoricul cercetării păducelor din Europa Centrală și Europa de Est.....  | 10 |
| 2. Morfologia și anatomia păducelor ( <i>Crataegus</i> Sect. <i>Crataegus</i> ).....   | 13 |
| 3. Biologia reproductivă a păducelor.....  | 15 |
| 4. Influența factorilor ecologici asupra structura populațiilor și a hibridării păducelor.....   | 16 |
| 5. Studii citologice și genetice implicând păducelii.....  | 18 |
| 7. Preferințele ecologice ale speciilor de păducel.....  | 19 |
| 7.1. Distribuția geografică a speciilor de păducel din Europa Centrală și Europa de Est.....   | 19 |
| 7.2. Preferințele mediului abiotic ale speciilor de păducel din Europa Centrală și Europa de Est.....  | 20 |
| 7.3. Afiliația fitosociologică ale speciilor de păducel din Europa Centrală și Europa de Est.....  | 21 |
| 8. Caracterizarea zonei de studiu al tezei de doctorat.....  | 23 |
| 8.1. Limitele geografice.....  | 23 |
| 8.2. Relieful.....   | 23 |
| 8.3. Clima.....  | 24 |
| 8.4. Geologia și solurile.....   | 24 |
| 8.5. Vegetația.....  | 25 |
| 9. Obiectivele tezei de doctorat.....  | 26 |
| 10. Bibliografie.....  | 28 |
| Anexa I: Fotografii ale speciilor și hibridilor de păducel din România.....  | 34 |
| CAPITOL II. - Specii și hibridi de păducel ( <i>Crataegus</i> L.) în partea de Nord-Vest al României: o recomandare pentru chei de determinare pe baza unui studiu morfometric ..... | 46 |
| 1. Introducere.....  | 47 |
| 2. Metodologie.....  | 49 |
| 2.1. Eșantionarea.....   | 49 |
| 2.2. Identificarea taxonilor și studiul morfometriei.....  | 51 |
| 2.3. Analiza statistică.....   | 52 |

|   |    |
|---|----|
| 2.4. Întocmirea cheilor de determinare pentru specii și hibrizi de păducel din România.....   | 53 |
| 3. Rezultate.....   | 53 |
| 3.1. Taxoni identificați.....   | 53 |
| 3.2. Rezultatele analizei PCA.....  | 55 |
| 3.3. Rezultatele anaizei ”Random Forest”.....   | 56 |
| 3.4. Chei de determinare pentru taxonii de păducei din România.....   | 57 |
| 4. Discuții.....  | 62 |
| 5. Mulțumiri.....   | 63 |
| 6. Bibliografie.....  | 64 |
| CAPITOL III. – Performanța, tiparele de alocare și plasticitatea fenotipică la două specii simpatrice de păducel și hibridul natural al acestora..... |    |
| 1. Introducere.....   | 70 |
| 2. Metodologie.....   | 73 |
| 2.1. Colectarea fructelor, tratarea lor și germinarea.....  | 73 |
| 2.2. Experimentul.....  | 74 |
| 2.3. Parametrii.....  | 75 |
| 2.4. Analiza statistică.....  | 76 |
| 3. Rezultate.....   | 77 |
| 3.1. Efectul luminozității asupra dezvoltarea puietilor.....  | 77 |
| 3.2. Efectul umidității asupra dezvoltarea puietilor.....   | 78 |
| 3.3. Plasticitatea fenotipică.....  | 83 |
| 4. Discuții.....  | 85 |
| 4.1. Efectul luminozității asupra dezvoltarea puietilor.....  | 85 |
| 4.2. Efectul umidității asupra dezvoltarea puietilor.....   | 87 |
| 4.3. Plasticitatea fenotipică.....  | 88 |
| 5. Concluzii.....   | 90 |
| 6. Mulțumiri.....   | 90 |
| 7. Bibliografie.....  | 90 |
| CAPITOL IV. – Perioada de înflorire poate modifica tiparele de hibridare a speciilor de păducel ( <i>Crataegus L.</i> ).....                          |    |
| 1. Introducere.....   | 96 |
| 2. Metodologie.....   | 99 |
| 2.1. Zona de studiu și esantionarea.....  | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.2. Colectarea datelor.....   | 100 |
| 2.3. Analiza statistică.....   | 101 |
| 3. Rezultate.....  | 102 |
| 4. Discuții.....   | 104 |
| 5. Bibliografie.....   | 107 |
| Anexa IV.....  | 110 |
| CAPITOL V. – Lărgimea și suprapunerea nișelor în cazul speciilor și hibrizilor de păducel<br>( <i>Crataegus L.</i> ).....                                |     |
| 1. Introducere.....  | 111 |
| 2. Metodologie.....  | 115 |
| 2.1. Zona de studiu și eșantionarea.....   | 115 |
| 2.2. Factorii ecologici pentru modelele de nișă.....   | 117 |
| 2.3. Analiza statistică.....   | 122 |
| 3. Rezultate.....  | 124 |
| 3.1. Tiparul de distribuție a speciilor și hibrizilor de păducel.....  | 124 |
| 3.2. Lărgimea nișei.....   | 125 |
| 3.3. Suprapunerea nișelor.....   | 126 |
| 3.4. Influența factorilor ecologici asupra diferențierea nișelor.....  | 129 |
| 3.5. Afiliația fitosociologică a taxonilor.....  | 130 |
| 4. Discuții.....   | 135 |
| 4.1. Tiparul de distribuție a speciilor și hibrizilor de păducel.....  | 135 |
| 4.2. Lărgimea nișei.....   | 136 |
| 4.3. Suprapunerea nișelor.....   | 137 |
| 4.4. Influența factorilor ecologici asupra diferențierea nișelor.....  | 138 |
| 4.5. Afiliația fitosociologică a taxonilor.....  | 139 |
| 5. Concluzii.....  | 139 |
| 6. Mulțumiri.....  | 141 |
| 7. Bibliografie.....   | 141 |
| CAPITOL VI. – Compararea ecologiei și tiparului de distribuție a speciilor și hibrizilor de păducel<br>prin metoda ”species distribution modelling”..... |     |
| 1. Introducere.....  | 147 |
| 2. Metodologie.....  | 148 |
| 2.1. Zona de studiu și eșantionarea.....   | 148 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.2. Selectarea covariabilelor.....  | 150 |
| 2.3. Analiza statistică.....   | 152 |
| 3. Rezultate.....  | 153 |
| 3.1. Specii, hibrizi și morfotipuri de păducel identificate în zona de studiu..... | 153 |
| 3.2. Performanța modelării statistice.....   | 153 |
| 3.3. Contribuția factorilor ecologici la modelele statistice.....                  | 154 |
| 3.4. Distribuția predictată de către modelele statistice ale taxonilor.....        | 158 |
| 4. Discuții.....   | 162 |
| 4.1. Preferințele ecologice ale taxonilor.....                                     | 162 |
| 4.2. Distribuția predictată de către modelele statistice ale taxonilor.....        | 163 |
| 5. Bibliografie.....   | 165 |
| Anexa VI.....  | 168 |
| LISTA PUBLICAȚIILOR INCLUSE ÎN CAPITOLELE TEZEI DE DOCTORAT.....                   | 175 |
| LISTA PUBLICAȚIILOR NEINCLUSE ÎN TEZA DE DOCTORAT.....                             | 175 |
| LISTA PARTICIPĂRIILOR LA CONFERINȚE.....   | 176 |
| PROIECTE DE CERCETARE.....   | 176 |

## **Cuvinte cheie**

*Crataegus* L., hibridare, introgresie, morfometrie, chei de determinare, plasticitate fenotipică, toleranță la umbră, performanță, alocare, fenologie, lățimea nișei, suprapunerea nișelor, fragmentarea habitatelor

## Rezumatul tezei de doctorat

### Capitolul I. - Introducere generală asupra păducelor

Părți din Capitolul I. au fost publicate în: **Kuhn T.**, Jancsó B. and Ruprecht E. (2020). Hawthorn (*Crataegus L.*) taxa and their hybrids in North-Western Romania: a recommendation for national identification keys based on morphometric analysis. *Contribuții Botanice* 55, 7–26.

Păducelul (*Crataegus L.*) reprezintă un gen divers de arbuști sau arbori scunzi răspândiți în emisfera nordică. (Christensen, 1992). Hibridarea între speciile preponderent diploide este frecventă iar hibridii sunt adesea poliploizi (Talent și Dickinson, 2005). În plus, pe când reproducerea speciilor este obligat încrucișată fiind autosterile, hibridii prezintă apomixie pseudogamă și se reproduc asexuat, fără unirea gameților (Vašková and Kolarčík, 2019). Deasemenea, introgresia direcționată spre unul dintre progenitori complică și mai mult clasificarea și identificarea certă a taxonilor (Christensen, 1992). Taxonii de păducel au o importanță ecologică și economică remarcabilă. Reprezintă o sursă importantă de hrană și adăpost pentru numeroase specii de animale și joacă un rol semnificativ în procesele de succesiune. Participă în componența gardurilor vii (naturale sau plantate), respectiv sunt utilizați ca plante medicinale, comestibile și ornamentale (Fichtner and Wissemann, 2021; Thomas et al., 2021). Din aceste motive, există numeroase studii științifice explorând biologia, genetica, filogenia, fiziologia și ecologia păducelor la nivel mondial. Totuși, deși aceste aspecte sunt relativ bine studiate în America de Nord unde diversitatea taxonomică a păducelor este cea mai mare, în Europa, grupul este mai puțin cercetat (Christensen, 1992; Talent and Dickinson, 2005). Frecvența ridicată a hibridizării este însă bine documentată și în Europa, hibridii fiind răspândiți și în afara zonei de hibridizare (Christensen, 1992). Mai multe ipoteze au fost formulate pentru a explica abundența ridicată a hibridilor, cea dominantă fiind că fragmentarea habitatelor naturale și intensificarea impactului antropic crește probabilitatea transferului de polen între speciile simpatrice de păducel. (Christensen, 1992, Oklejewicz et al., 2013). Considerând aceste aspecte, în cadrul studiului de doctorat, explorăm procesele biologice și ecologice, potențial responsabile pentru succesul și abundența hibridilor de păducel din zonele temperate ale Europei.

➤ Obiectivele studiului au fost următoarele:

(A). Studiul morfologic al speciilor și hibridilor de păducel din partea de Nord-Vest a României (studiul “pilot” al tezei), și întocmirea cheilor de determinare naționale a genului pe baza rezultatelor și a literaturii de specialitate. (**Capitolul II** al tezei).

(B). Compararea performanței, tiparelor de alocare și plasticității fenotipice între două specii de păducel (*Crataegus monogyna*, *C. rhipidophylla*) și hibridul natural al acestora (*Crataegus* × *subsphaerica*), în cadrul unui experiment controlat, folosind puieți obținuți prin germinare. (**Capitolul III** al tezei de doctorat).

(C). Compararea fenologiei înfloririi între trei specii (*Crataegus laevigata*, *C. monogyna*, *C. rhipidophylla*) și hibridii naturali ai acestora (*C.* × *subsphaerica*, *C.* × *media*, *C.* × *macrocarpa*) pentru a explora relația între probabilitatea de formare a hibridilor și frecvența nothotaxonilor de origine hibridă. (**Capitolul IV** al tezei de doctorat).

(D). Compararea lățimii și suprapunerii a nișelor între specii și hibridii acestora, respectiv compararea nișelor macro- și microecologice între taxoni. (**Capitolul V** al tezei de doctorat).

(E). Compararea preferințelor ecologice și a tiparelor de distribuție între specii și hibridi de păducel din partea de Nord-Vest al României, folosind modele de tip ”random forest” și ”species distribution models”. (**Capitolul VI** al tezei de doctorat).

## **Capitolul II. – Specii și hibridi de păducel (*Crataegus* L.) în partea de Nord-Vest al României: o recomandare pentru chei de determinare pe baza unui studiu morfometric**

Capitolul II. a fost publicat în: **Kuhn T.**, Jancsó B. and Ruprecht E. (2020). Hawthorn (*Crataegus* L.) taxa and their hybrids in North-Western Romania: a recommendation for national identification keys based on morphometric analysis. *Contribuții Botanice* 55, 7–26.

Membrii genului *Crataegus* L. sunt specii de arbuști sau arbori scunzi relativ comuni, cu o răspândire largă în Europa, având o importanță ecologică și agricolă deosebită. Numărul exact al taxonilor este totuși controversat, datorită hibridării frecvente între speciile simpatrice, respectiv introgresiei genelor. Considerând numărul redus de lucrări legate de *Crataegus* în literatura de botanică din România, am studiat distribuția și morfologia acestui gen în partea de Nord-Vest a țării.

Am colectat material de ierbar pentru identificare din trei subunități geografice (Munții Zărandului, Câmpia Transilvaniei, Dealurile Călatei) din diverse habitate, cum ar fi pajiști, habitate forestiere și liziere de pădure. Pe acest material, am efectuat un studiu morfometric măsurând în total 34 de caractere diagnostice ale fructelor, frunzelor și stipelelor lăstarilor generativi. Am folosit metodele "PCA" și "Random Forest" pentru a selecta cele mai "bune" (sau puternice) caractere diagnostice ale speciilor și hibrizilor.

Am identificat zece taxoni de *Crataegus*, specii, subspecii, varietăți și hibrizii (nothotaxonii) acestora (Anexa I): *Crataegus monogyna* (cu răspândire în pajiști și alte habitate ne-forestiere), *C. rhipidophylla* var. *rhipidophylla*, *C. rhipidophylla* var. *lindmannii* și *C. laevigata* subsp. *laevigata*, *C. laevigata* subsp. *palmstruchii* (cu răspândire predominant în habitate forestiere), *C. × kyrtostyla* nothovar. *domicensis*, *C. × media*, *C. × macrocarpa* nothovar. *macrocarpa* și *C. × macrocarpa* nothovar. *hadensis* (predominant în liziera habitatelor forestiere). Taxonul cel mai comun și larg răspândit a fost nothotaxonul *C. × kyrtostyla* nothovar. *kyrtostyla* (comună în pajiști dar sporadică în habitatele forestiere). Caracterele cele mai "bune" pentru diferențierea taxonilor au fost (1) numărul stilelor, (2) lungimea fructelor, (3) numărul serățiilor pe stipele, (4) poziția sepalelor pe fructe, (5) numărul serățiilor pe lobul bazal al frunzei subterminale, (6) raportul dintre partea serată și partea întregă în cazul lobului bazal al frunzei, (7) adâncimea sinusului bazal al frunzei și (8) raportul dintre lungimea și lățimea sepalelor.

Pe baza analizei morfometrice, considerând și descrierile din literatura de specialitate și alte date morfometrice (Christensen, 1992), am elaborat cheile de determinare ale acestui gen, fiind incluși toți taxonii cu prezență certă în România. Adicional, am ilustrat cei șase taxoni cei mai comuni identificați în acest studiu.

### **Capitolul III. – Performanța, tiparele de alocare și plasticitatea fenotipică la două specii simpatrice de păducel și hibridul natural al acestora**

Capitolul III. A fost publicat în: **Kuhn, T.**, Györfi, O., Ruprecht, E. (2022). Seedling performance, allocation patterns and phenotypic plasticity of two sympatric hawthorn species and their natural hybrid. *Flora* 287, 151994

Hibridarea urmată de introgresie este comună între speciile de păducel, iar hibrizii sunt abundenți și răspândiți în habitatele naturale și seminaturale din Europa. Până în momentul actual, nu există studii experimentale care să compare dezvoltarea, performanța și plasticitatea



fenotipică a speciilor de păducel cu hibridii naturali ale acestora. În acest studiu dorim să comparăm aceste aspecte în cazul a două specii simpatrice de păducel (*Crataegus monogyna* și *C. rhipidophylla*) cu toleranțe diferite la umbră și hibridul natural al acestora. Pentru acesta, am realizat un experiment controlat de seră, în cadrul căruia puietii celor trei taxoni s-au dezvoltat de-a lungul unei serii de tratamente de umbră și umiditate. Pe de altă parte, pe baza rezultatelor, am dorit să testăm care dintre modelele ecologice ale zonei de hibridizare se potrivește cel mai bine, considerând și distribuția celor două specii și hibridul acestora (Arnold, 1997).

Ipotezele au fost următoarele: (1) sub lumină redusă, specia forestieră *C. rhipidophylla* va avea o producție mai mare de biomasă, tulpini mai dense și mai viguroase și un raport mai scăzut a rădăcinii la biomasă totală, comparativ cu specia de pășuni *C. monogyna*, care este presupusă să aibă o producție mai mare sub lumină directă. Hibridul este așteptat să aibă parametri intermediari față de progenitori; (2) sub umiditate redusă, *C. monogyna* ca specie de pășuni va avea o producție mai mare față de *C. rhipidophylla*, datorită raportului mare dintre biomasă rădăcinii față de biomasă totală a puietilor, iar hibridul va ocupa o poziție intermediară în cazul acestor parametri; (3) *C. rhipidophylla* este așteptat să fie mai conservativ în ce privește parametrii de dezvoltare sub gradientul de umiditate și mai plastic sub gradientul de lumină față de *C. monogyna*, iar hibridul va fi din nou intermediar, poziționându-se între progenitori din punct de vedere a plasticității fenotipice (Valladares și Niinemets, 2008).

Rezultatele noastre au arătat că performanța în producția de biomasă s-a redus sub lumină redusă și sub umiditate ridicată la cei trei taxoni. Pe de altă parte, variabilitatea în lumină a avut un efect mai profund asupra dezvoltării puietilor față de gradientul de umiditate. Aceste rezultate evidențiază faptul că diferențierea celor două specii din punct de vedere al habitatului ocupat este determinată probabil de interacțiuni competitive între păduci și alte specii de plante. Specia forestieră *C. rhipidophylla* a avut tulpini mai scurte, dar robuste față de *C. monogyna*, hibridul fiind din nou intermediar în aceste caractere. Acest rezultat sugerează o dezvoltare mai lentă și o alocare mai mare spre tulpini pentru specia forestieră și este în concordanță cu literatura de specialitate privind toleranța la condiții de lumină scăzută (Valladares și Niinemets, 2008).

Deasemenea, hibridul a manifestat o plasticitate fenotipică mai ridicată în alocarea biomasei în funcție de gradientul de umiditate față de cel puțin unul dintre progenitori, ceea ce

reprezintă un potențial avantaj pentru hibrid din punct de vedere ecologic. Rezultatele suportă ”modelul-mozaic” referitor la zona de hibridare (Arnold, 1997).

#### **Capitolul IV. – Perioada de înflorire poate modifica tiparele de hibridizare ai speciilor de păducel (*Crataegus* L.)**

Capitolul IV. a fost publicat în: **Kuhn, T.** and Ruprecht, E. (2022). Flowering phenology may shape hybridization patterns of hawthorn (*Crataegus* L.) species. *Contribuții Botanice* 57, 95-107.

Înflorirea asincronă reprezintă o barieră prezigotică importantă pentru hibridizare, în special în cazul speciilor de plante cu un tipar de răspândire simpatric. Gradul de suprapunere a perioadei înfloririi poate influența probabilitatea hibridizării și direcția introgresiei.

În studiul prezent, s-a comparat fenologia de înflorire între trei specii de păducel și hibridii interspecifici ai acestora în condiții de teren, în apropierea satului Florești din județul Cluj, România. Ipoteza principală a studiului a fost că nothotaxonii de origine hibridă mai comuni au și specii progenitoare cu o suprapunere mai mare în fenologia de înflorire.

Pe baza rezultatelor noastre, *Crataegus laevigata* a înflorit cel mai devreme la sfârșitul lunii Aprilie, aproximativ 8 zile mai târziu au înflorit *C. rhipidophylla*, *C. × subsphaerica*, *C. × media*, *C. × macrocarpa*, iar *C. monogyna* a înflorit ultimul, aproximativ după încă 3 zile. Speciile parentale ale hibridului cel mai comun *C. × subsphaerica* au prezentat cea mai mare suprapunere în perioada de înflorire, pe când hibridii speciei *C. laevigata*, ce are o suprapunere îngustă a înfloririi cu celelalte două specii, sunt rari. Toți cei trei hibridi s-au suprapus aproape perfect în perioada de înflorire cu *C. rhipidophylla*, iar cu excepția hibridului *C. × media*, nu s-au poziționat intermediar privind perioada de înflorire față de speciile lor parentale.

Rezultatele studiului confirmă că abundența hibridilor de păducel este influențată de gradul de suprapunere a perioadelor de înflorire a progenitorilor, deoarece acesta influențează probabilitatea hibridării și direcția introgresiei în cazul populațiilor mixte sau învecinate ale celor trei specii de păducel studiate.

#### **Capitolul V. – Lărgimea și suprapunerea nișelor în cazul speciilor și hibridilor de păducel (*Crataegus* L.)**

Hibridarea interspecifică și introgresia sunt bine cunoscute în cazul genului *Crataegus* L. (păducel), iar deși hibrizii au fost observați a fi răspândiți și frecvenți în habitatele naturale, factorii influențând aceste procese sunt relativ puțin cunoscuți. În acest studiu, comparăm lărgimea și suprapunerea nișelor între specii și hibrizi de *Crataegus*, de asemenea factorii ecologici cu influență potențială asupra distribuției acestora.

Ipotezele noastre presupun că hibrizii vor avea nișe în general mai largi, iar hibrizii se vor suprapune într-o mai mare măsură cu nișa progenitorilor, decât progenitorii între ei. Pe de altă parte, lărgimea nișei în cazul hibrizilor dar și al speciilor se va corela cu răspândirea și frecvența acestor taxoni pe teren, taxonii mai răspândiți având și nișe mai largi (Blaine Marchant et al., 2016). În cazul factorilor ecologici, hibrizii sunt așteptați să ocupe poziții intermediare pe gradientii ecologici.

Rezultatele noastre arată că majoritatea hibrizilor sunt rari sau sporadici, cu excepția *Crataegus* × *subsphaerica* (*C. monogyna* × *C. rhypidophylla*), care a fost și cel mai comun taxon în zona de studiu, fiind răspândit și în afara zonei de hibridizare, iar acest fapt sugerează expansiunea arealului.

De asemenea, distribuția taxonilor este determinată în cea mai mare măsură de factorii climatici și luminozitatea habitatului, dar par să fie generaliști în categoriile majore de habitate, precum pădurile de foioase și pajiștile xero-mezofile. Rezultatele noastre au mai dezvăluit că cei mai multi taxoni de origine hibridă au lărgimea nișei asemănătoare cu unul dintre progenitori, iar hibrizii rari au avut nișe surprinzător de largi, sugerând că frecvența hibrizilor este în principal determinată de alte procese, cum ar fi fenologia înfloririi și dispersia endozoochoră la distanță, iar mediul abiotic joacă un rol secundar în selecția hibrizilor. Pe de altă parte, intermediaritatea hibrizilor de-a lungul gradientilor ecologici față de progenitori nu a fost evidentă, probabil datorită introgresiei direcționate către unul dintre progenitori.

Considerând ocurența frecventă a hibrizilor în afara zonei de hibridare, respectiv tiparul mozaic al habitatelor în cazul speciilor simpatrice, o combinație între ”modelul mozaic” și ”modelul evolutiv-inovativ” pare să descrie cel mai bine zona de hibridare a speciilor studiate (Arnold, 1997).

## Capitolul VI. – Compararea ecologiei și tiparului de distribuție al speciilor și hibrizilor de păducel prin metoda ”species distribution modelling”

Manuscris în pregătire: **Kuhn, T.** and Ruprecht, E. Comparing the ecology and distribution of hawthorn species and their hybrids through species distribution modelling.

Modelele de tip ”species distribution models” (SDM) sunt unelte utile folosite de ecologi pentru a predicta distribuția geografică și explora tiparul abundenței la speciile de plante și animale, pe baza factorilor ecologici și datelor de distribuție. În acest studiu, am explorat, folosind această metodă, distribuția, frecvența și preferințele ecologice ale hibrizilor de păducel și progenitorilor acestora pe baza unui eșantionări de teren în zona de Nord-vest al României.

Ipotezele noastre presupun că hibrizii vor fi mai comuni unde distribuția și preferințele ecologice ale progenitorilor se suprapun (în zona de hibridare). De asemenea, hibrizii dintre speciile de pajiști și cele forestiere vor fi mai comuni în peisaje mozaic, pe când hibrizii speciilor forestiere vor urmări peisajele forestiere. Morfotipul hibrid cu caractere intermediare între progenitori va apărea predominant în zona de contact a progenitorilor, și va manifesta un comportament ecologic intermediar față de progenitori, pe când morfotipurile introgresive vor urmări unul dintre progenitori din punct de vedere ecologic.

Rezultatele noastre confirmă că factorii climatici au contribuit cel mai mult, urmat de extinderea pădurilor, la performanța de predicție a modelelor statistice în cazul taxonilor studiați. Păducele sunt în general comuni în zonele colinare și submontane, fiind rari sau absenți în zonele montane și subalpine. De asemenea, sunt mai abundenți în proximitatea pădurilor. În cele mai multe cazuri, hibrizii au avut o distribuție și preferințe ecologice similare cu unul dintre progenitori, cel mai probabil datorită introgresiei. Morfotipul intermediar de hibrid, *Crataegus* × *subsphaerica*, hibridul dintre *C. monogyna* × *C. rhipidophylla*, a fost intermediar față de progenitori și din punct de vedere a distribuției și a factorilor ecologici și a fost comun în peisaje caracterizate printr-un mozaic de pajiști și păduri, habitatele celor doi progenitori.

Rezultatele confirmă importanța fragmentării artificiale a habitatelor în hibridarea interspecifică în cazul păducelor, acest aspect fiind subliniat și de alte studii europene (Oklejewicz et al., 2013). De asemenea, prezența nothotaxonilor de origine hibridă (*Crataegus*

× *subsphaerica*, *C.* × *media*, *C.* × *kyrtostyla*) în afara arealului de răspândire al progenitorilor, confirmă pătrunderea genotipurilor hibridi în afara zonei de hibridizare.

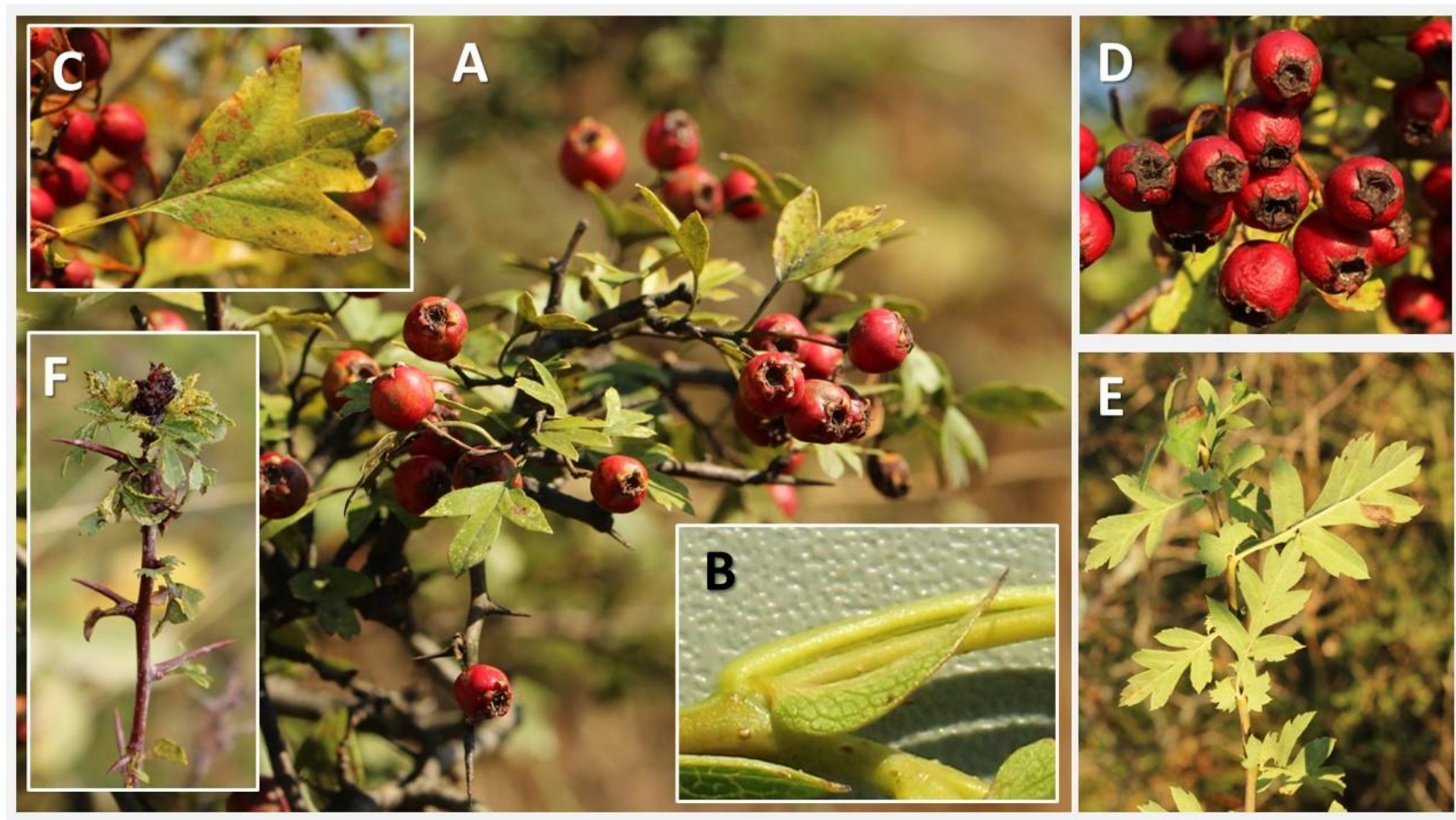
Tiparele de distribuție a hibrizilor obținute în cadrul studiului pot fi explicate prin: (1) divergența în fenologia de înflorire între specii, unde speciile mai apropiate fenologic formează hibridi cu o probabilitate mai ridicată; (2) abundența speciilor se corelează cu probabilitatea contactului genetic între populațiile acestora; (3) fitnessul, performanța și plasticitatea fenotipică ridicată a hibrizilor poliploizi datorită sistemului asexuat de reproducere, mai eficient față de cel al progenitorilor.

## Bibliografie

- Arnold, M. L. (1997). Natural hybridization and evolution. *Oxford University Press*, Oxford.
- Blaine-Marchant, D., Soltis, D.E. and Soltis, P.S. (2016). Patterns of abiotic niche shifts in allopolyploids relative to their progenitors. *The New Phytologist* 212, 708–718. <https://doi.org/10.1111/nph.14069>
- Christensen, K.I. (1992). Revision of *Crataegus* sect. *Crataegus* and nothosect. *Crataeguineae* (Rosaceae -Maloideae) in the Old World. *Systematic Botany Monograph* 35, 1-199.
- Fichtner, A. and Wissemann, V. (2021). Biological Flora of the British Isles: *Crataegus monogyna*. *Journal of Ecology* 109, 541–571.
- Mijnsbrugge, K. V., Onkelinx, T. and Cuyper, B. (2015). Variation in bud burst and flower opening responses of local versus non-local provenances of hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) in Belgium. *Plant Systematics and Evolution* 301, 1171–1179.
- Oklejewicz K., Chwastek E., Szewczyk M., Bobiec A. and Mitka J. (2013). Distribution of *Crataegus* (Rosaceae) in S-E Poland along a gradient of anthropogenic influence. *Polish Journal of Ecology* 61, 683–691.
- Rieseberg, L. H. and Willis, J. H. (2007). Plant speciation. *Science* 317, 910–914.
- Talent, N. and Dickinson, T. (2005). Polyploidy in *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Maloideae): evolutionary inferences from flow cytometry of nuclear DNA amounts. *Botany* 83, 1268-1304.
- Thomas P.A., Leski T., La Porta N., Dering M. and Iszkuło G. (2021). Biological Flora of the British Isles: *Crataegus laevigata*. *Journal of Ecology* 109, 572–596.

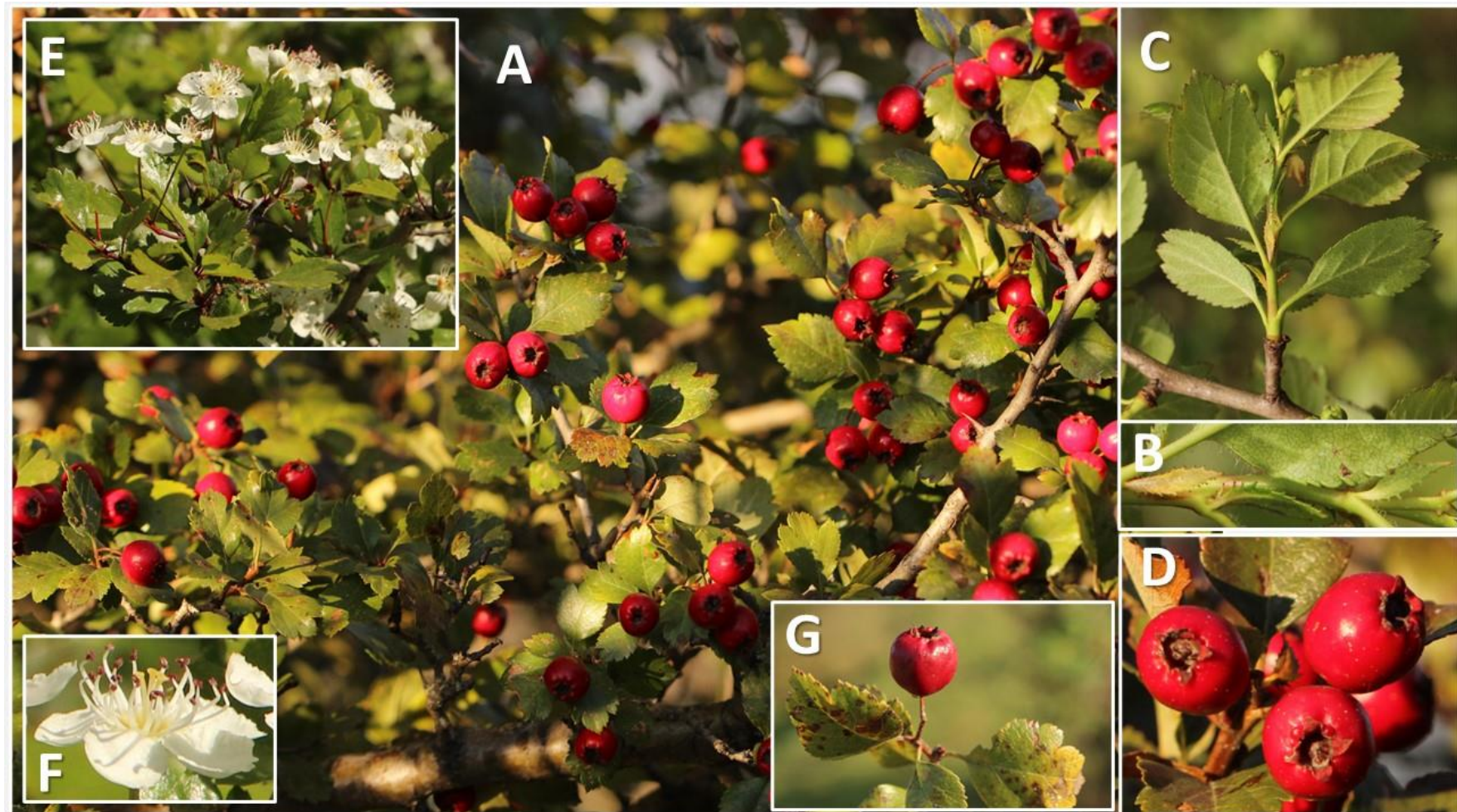
- Valladares, F. and Niinemets, Ü. (2008). Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39, 237–257.
- Vašková, D. and Kolarčík, V. (2019). Breeding systems in diploid and polyploid hawthorns (*Crataegus*): Evidence from experimental pollinations of *C. monogyna*, *C. subsphaerica*, and natural hybrids. *Forests* 10, 1059.

**Anexa I:** Fotografii cu speciile și hibridii de păducel (*Crataegus* L.) din România



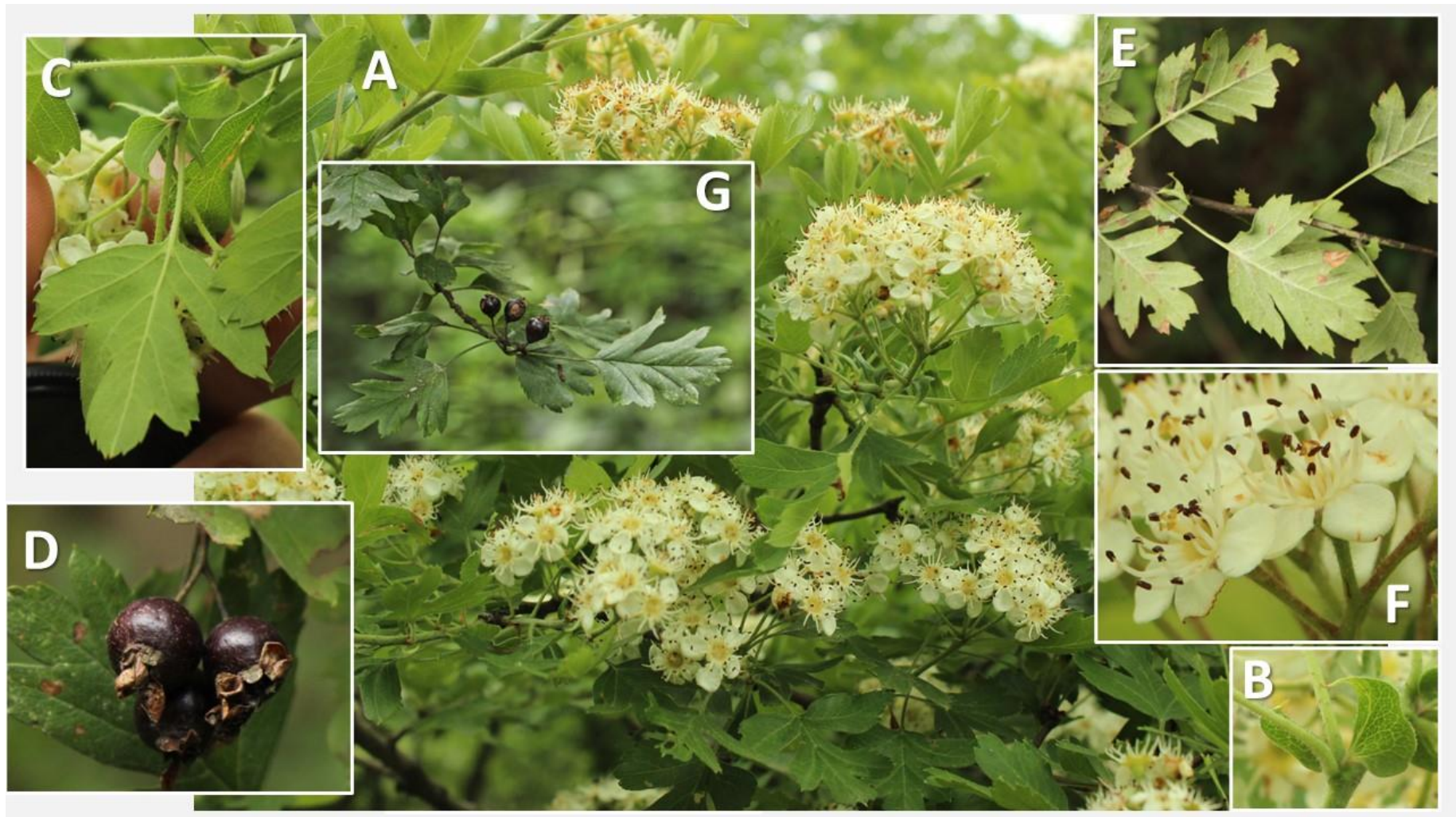
**Fig. 1 (A-E):** *Crataegus monogyna* Jacq.; **A** – tulpină fructiferă; **B** – stipula tulpinii generative; **C** – frunza subterminală a tulpinii generative; **D** – poame cu sepale; **E** – tulpină sterilă; **F** – *Crataegus monogyna* subsp. *brevispina* (Kunze) Franco, tulpină sterilă; (fotografii: Kuhn Thomas, Orșova (A), Cluj-Napoca (B - E) și Simeria (F), România)





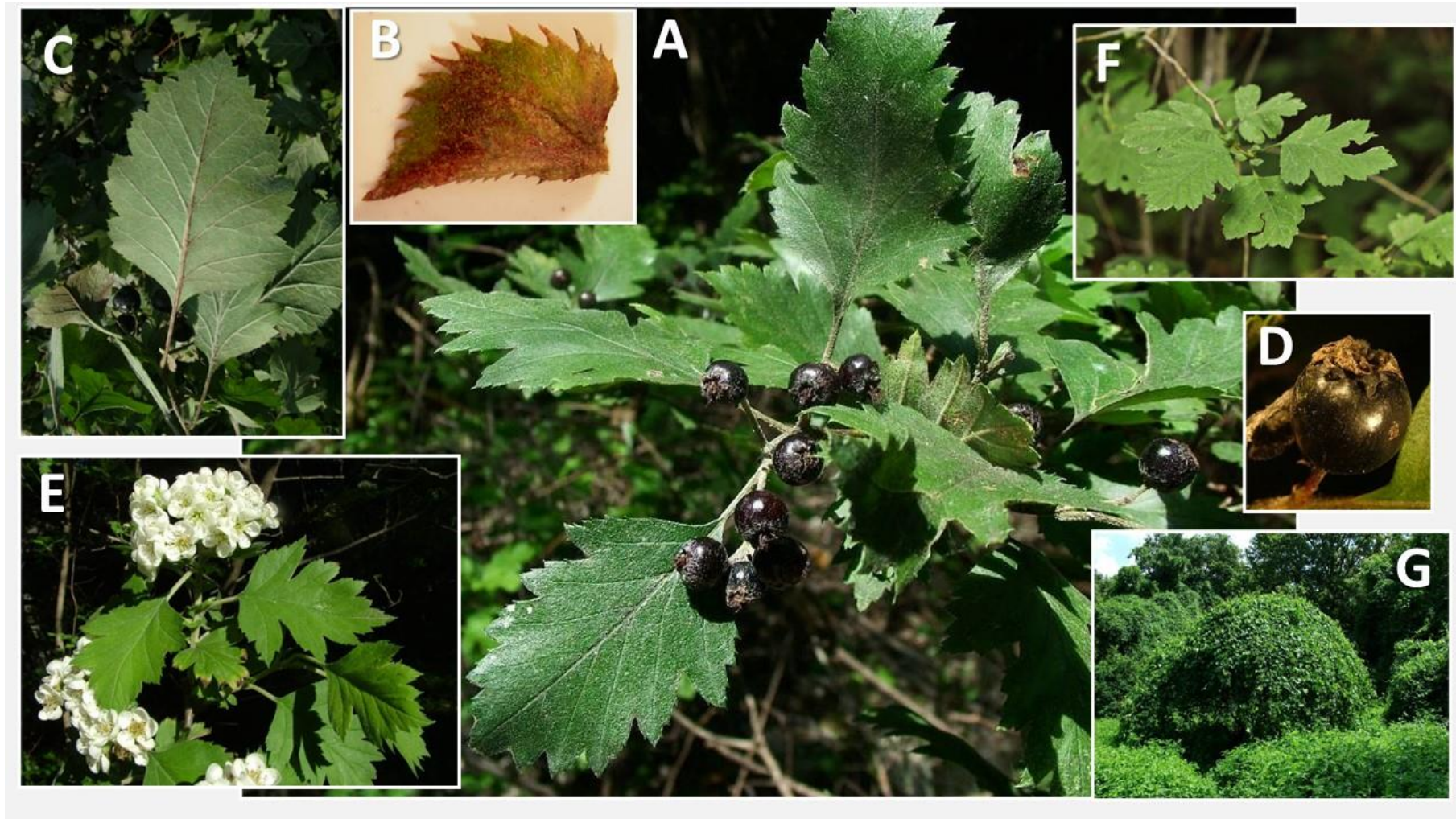
**Fig. 2 (A-F):** *Crataegus laevigata* subsp. *laevigata* (Poir.) DC.; **A** – tulpini fructifere; **B** – stipele tulpinii generative; **C** – suprafața abaxială a tulpinii generative; **D** – poame cu sepale și stile; **E** – tulpină generativă cu flori; **F** – floare; **G** - *Crataegus laevigata* subsp. *palmstruchii* (Lind.) Franco, tulpină generativă cu poamă; (fotografiile: Kuhn Thomas, zona Huedin (A, B, C, D), Beiuș (E, F) și Cluj-Napoca (G), România)





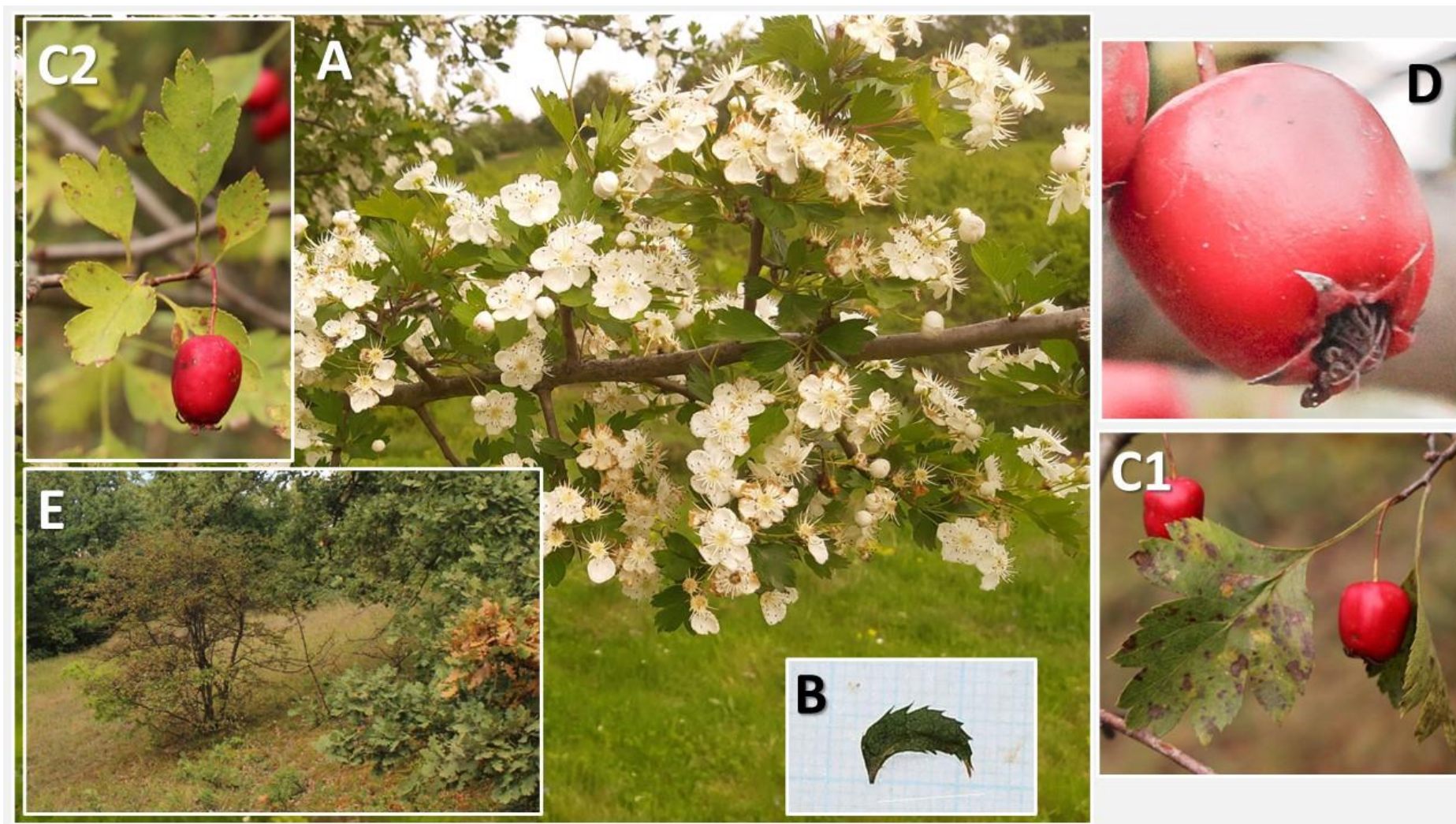
**Fig. 3 (A-F):** *Crataegus pentagyna* subsp. *pentagyna* Wild.; **A** – tulpini generative înflorite; **B** – stipelele tulpinii generative; **C** – suprafața abaxială a tulpinii generative; **D** – poame cu sepale; **E** – tulpină sterilă; **F** – flori; **G** – *Crataegus* × *rubrinervis* Lange, tulpină fructiferă; (fotografiile: Kuhn Thomas, zona Măcin (A, B, C, F) și Orșova (D, E, G), România)





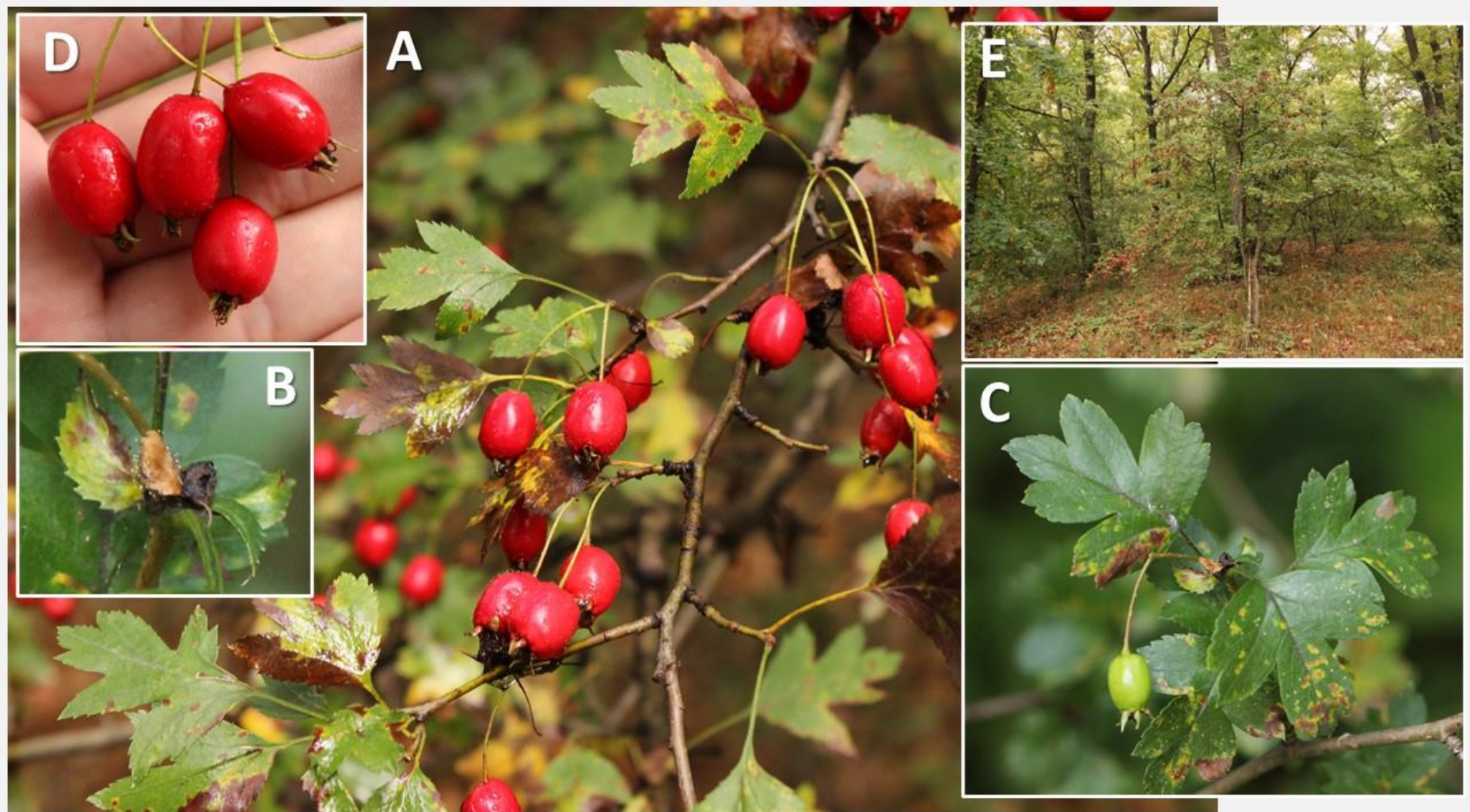
**Fig. 4 (A-G):** *Crataegus nigra* Waldst. et. Kit.; **A** – tulpină fructiferă; **B** – stipela tulpinii generative; **C** – suprafața abaxială a tulpinii generative; **D** – poamă; **E** – tulpină generativă înflorită; **F** – tulpină sterilă; **G** – specimen în habitatul natural (fotografii: Kerényi-Nagy Viktor, A, B, D, E, G – Szigetújfalu, C – Sükösd, Ungaria; Kuhn Thomas, F – Insula Calinovăț – Porțile de Fier, România)





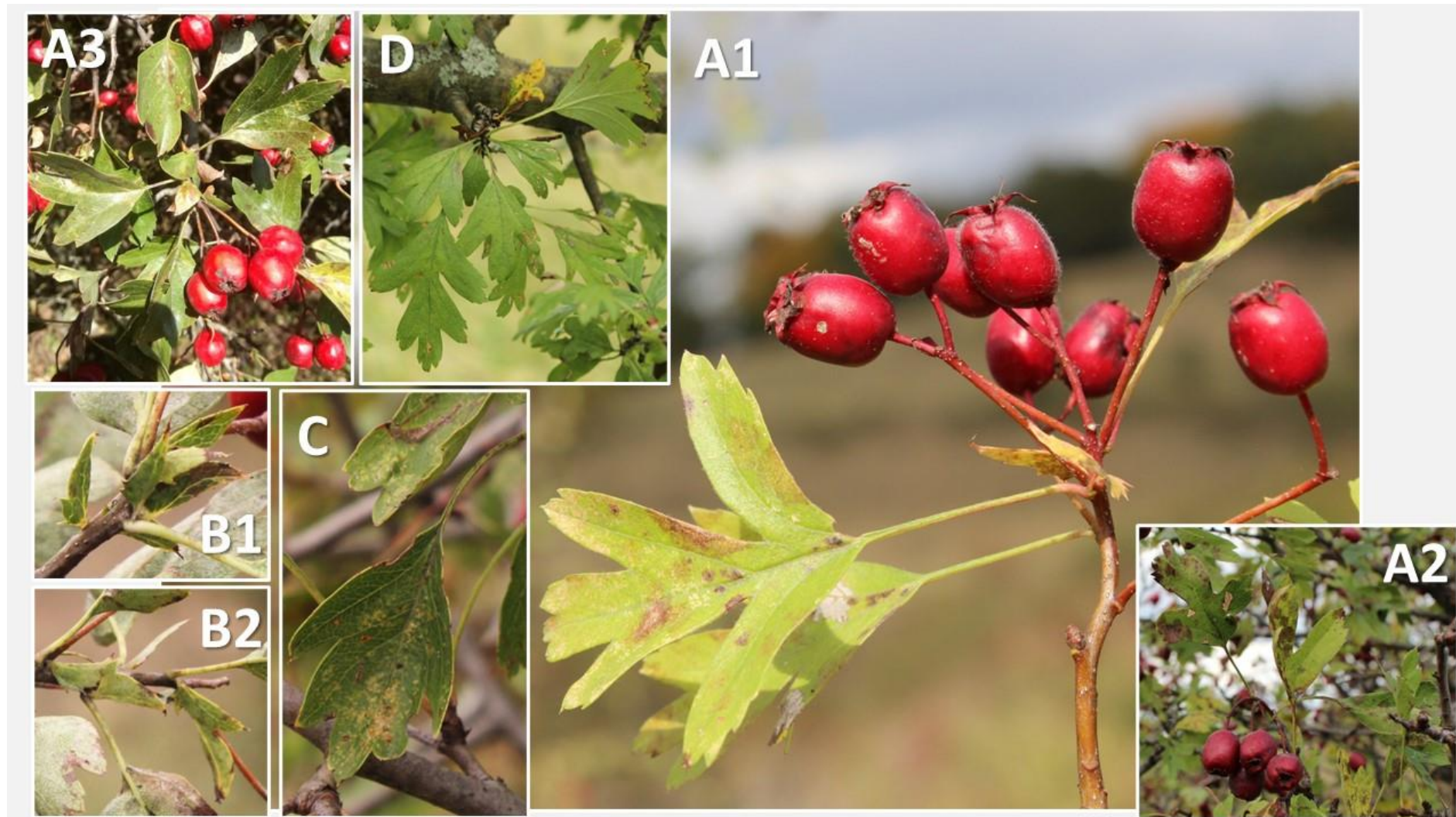
**Fig. 5 (A-E):** *Crataegus rhipidophylla* var. *rhipidophylla* Gand. (syn.: *C. rosaeformis* Janka); **A** – tulpină generativă cu flori; **B** – stipela tulpinii generative; **C1, C2** – tulpini generative cu poame; **D** – poamă cu sepale; **E** – specimen în habitatul natural; (fotografii: Kuhn Thomas, zona Cluj-Napoca, Romania)





**Fig. 6 (A-E):** *Crataegus rhipidophylla* var. *lindmanii* (Hrabětová) K.I. Christensen (syn.: *C. lindmanii* Hrab. – Uhr.); **A** – tulpină generativă cu poame; **B** – stipelele tulpinii generative; **C** – tulpină generativă cu poame, frunze și stipele; **D** – poame și sepalele; **E** – specimen în habitatul natural; (photos: Kuhn Thomas, zona Cluj-Napoca, Romania)





**Fig. 7 (A-D):** *Crataegus* × *subsphaerica* Gand. (syn.: *C.* × *kyrtostyla* nothovar. *kyrtostyla* Fingerh.; *C. monogyna* × *C. rhipidophylla*); **A1, A2, A3** – tulpină generativă cu poame, frunze și stipele; **B1, B2** – stipulele tulpiniilor generative; **C** – frunza subterminală a tulpinii generative; **D** – tulpină sterilă; (fotografiile: Kuhn Thomas, zona Cluj-Napoca, România)





**Fig. 8 (A-C):** *Crataegus* × *kyrstostyla* Fingerh. (syn.: *C.* × *kyrstostyla* nothovar. *domicensis* (Hrabětová-Uhrova) K.I. Christensen; *C. monogyna* × *C. lindmanii*); **A** – tulpină fructiferă; **B** – stipelele tulpinii generative; **C1, C2, C3** – tulpini generative cu poame, frunze și stipele; (fotografii: Kuhn Thomas, zona Gherla (A, B) și Cluj-Napoca (C1, C2, C3), România)





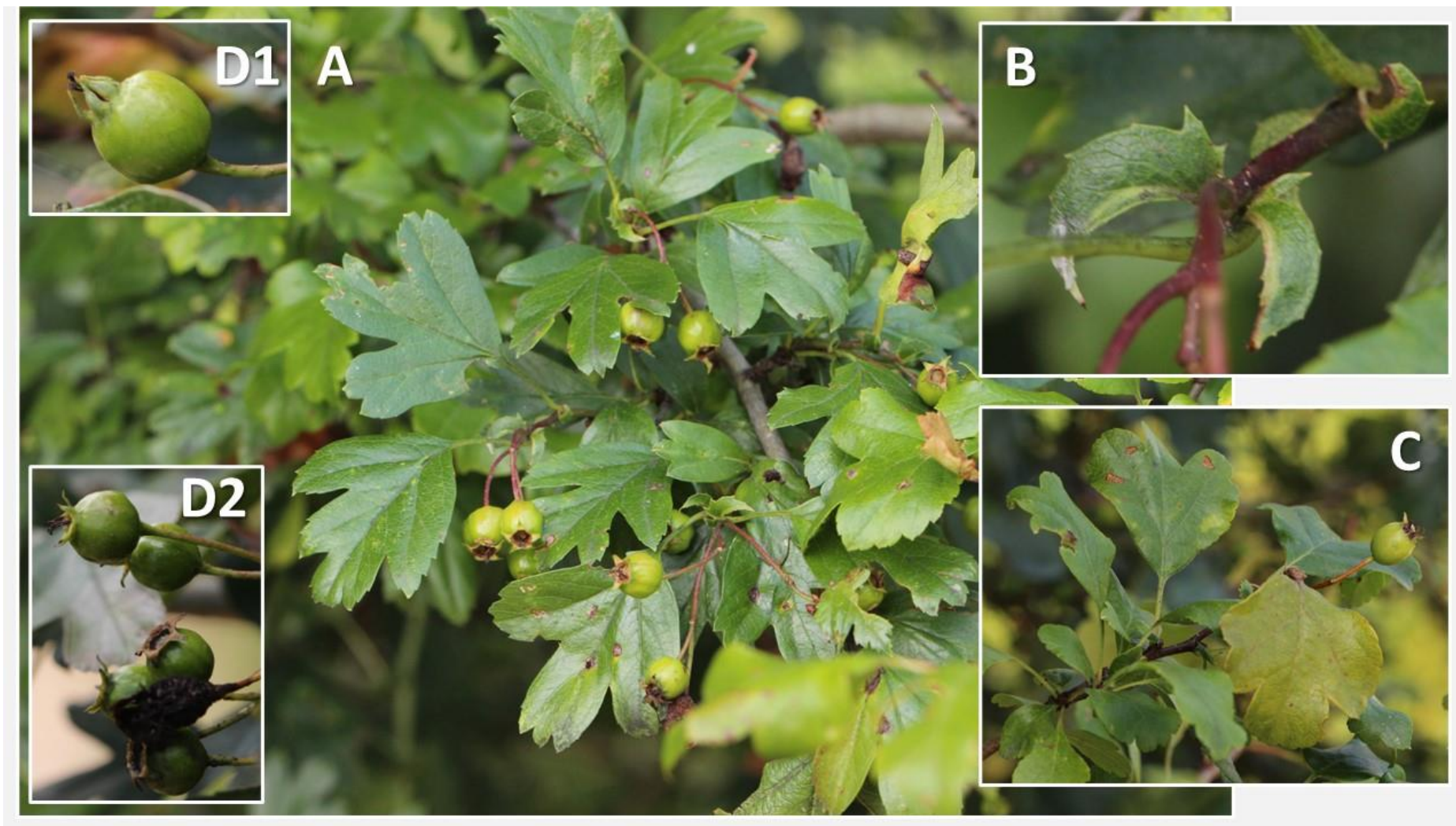
**Fig. 9 (A-D):** *Crataegus* × *media* Bechst. (*C. monogyna* × *C. laevigata*); **A** – tulpini fructifere; **B** – stipelele tulpinii generative; **C1, C2** – tulpini generative cu poame și frunze; **D** – poame cu sepale și stile; (fotografiile: Kuhn Thomas, zona Cluj-Napoca, România)





**Fig. 10 (A-E):** *C. × macrocarpa* nothovar. *hadensis* (Hrabětová-Uhrova) K.I. Christensen (*C. laevigata* × *C. lindmanii*); **A** – tulpini fructifere; **B** – stipelele tulpinii generative; **C1, C2** – tulpini generative cu stipele, poame și frunze; **D** – poame cu sepale și stile; **E** – specimen în habitatul natural; (fotografii: Kuhn Thomas, zona Huedin, România)





**Fig. 11 (A – D):** Hibrid triplu între *Crataegus monogyna* × *C. lindmanii* × *C. laevigata*; **A** – tulpină fructiferă; **B** – stipele tulpinii generative; **C** – tulpină generativă cu poamă, stipele și frunze; **D1, D2** – poame cu sepale și stile; (fotografii: Kuhn Thomas, zona Beiuș, România)





**Fig. 12 (A-E):** *Crataegus* × *degenii* Zsák (*C. monogyna* × *C. nigra*); A – tulpină generativă cu poamă, stipele și frunze; B – stipela tulpinii generative; C – serațiile frunzei; D – trichomii frunzelor tinere; E – floare; (fotografii: Kerényi-Nagy Viktor, Ungaria)