



MINISTRY
OF FOREIGN
AND EUROPEAN AFFAIRS
OF THE SLOVAK REPUBLIC



SLOVAK AGENCY
FOR INTERNATIONAL
DEVELOPMENT COOPERATION



PRACTICI INOVATOARE DE ÎMPĂDURI PENTRU REPUBLICA MOLDOVA



Ghid tehnic privind producerea materialului
forestier de reproducere și realizarea
plantațiilor forestiere

Starodub Vitalie

Chișinău 2026

CZU: 630*23(478)
S 79

Acest proiect „Sprijinirea gestionării durabile a pădurilor în Moldova prin metode inovatoare de împădurire”, implementat din decembrie 2024 până în iunie 2026 a fost susținut din fondurile Agenției Slovace pentru Cooperare Internațională și Dezvoltare-SAMRS/2024/MD/1/2



Echipa de implementare:
Talmaci Ion, Covali Victoria, Starodub Vitalie

Design și tehnoredactare:
Iudov Anastasia

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN REPUBLICA MOLDOVA
Starodub, Vitalie.

Practici inovatoare de împădurire pentru Republica Moldova : Ghid tehnic privind producerea materialului forestier de reproducere și realizarea plantațiilor forestiere / Starodub Vitalie ; Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice [et al.]. – Chișinău : [S. n.], 2026 (Artpoligraf). – 104 p. : tab., fig. color, fot.

Bibliogr.: p. 99-103. – [200] ex.

ISBN 978-9975-3723-7-4.

Text : nemediat.

Tipărit la tipografia Artpoligraf SRL

CUPRINS

PREFAȚĂ	6
ABREVIERI	7
CAPITOLUL 1: PROGRAMUL NAȚIONAL DE EXTINDERE ȘI REABILITARE A PĂDURILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA (PNERP 2023–2032)	8
1.1. Calendarul și fazele implementării	8
1.2. Tipuri de măsuri propuse	9
1.3. Infrastructură și capacități tehnice	12
1.4. Impactul socio-economic și adaptarea la schimbările climatice	12
CAPITOLUL 2: ANALIZA STĂRII ACTUALE A PRODUCȚIEI DE MATERIAL FORESTIER DE REPRODUCERE	14
2.1 Capacitatea de producție în pepinierele silvice	14
2.2 Starea actuală a pepinierelor forestiere: infrastructură, tehnologie și resurse umane	14
2.2.1 Infrastructura și echipamentele din dotare	15
2.2.2 Tehnologii de producere a materialului săditor și introducerea inovațiilor	16
2.2.3 Resurse umane în pepiniere și silvicultură	17
2.3 Suprafața anuală a zonelor împădurite	18
2.4 Regiuni prioritare și criterii pentru selectarea terenurilor pentru împădurire	20
2.5 Provocări în implementarea împăduririi: administrative, climatice și economice	22
2.5.1 Provocări administrative și instituționale	22
2.5.2 Provocări climatice și de mediu	23
2.5.3 Provocări economice și financiare	24
2.6 Bune practici stabilite în domeniul pepinierelor și împăduririi	25
2.7 Sondaj privind educația continuă a lucrătorilor profesioniști din domeniul silviculturii	28
CAPITOLUL 3: PRACTICI INOVATOARE ÎN PRODUCEREA MATERIALULUI SĂDITOR FORESTIER	31
3.1 Analiza stării actuale a producerii materialului săditor forestier în Slovacia	31

3.2 Material săditor cu rădăcina protejată – motive pentru utilizare, istoricul utilizării puieților cu rădăcini protejate, definiții de bază	31
3.3. Amplasarea unei pepiniere forestiere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate	33
3.4 Echipamente pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate	36
3.5 Structuri de protecție pentru producerea materialului săditor forestier cu rădăcini protejate	39
3.6. Recipiente utilizate pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate	43
3.7 Substraturi utilizate pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate	45
3.8 Procedee tehnologice pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate	47
3.8.1 Semănatul	47
3.8.2 Irigația	48
3.8.3 Fertilizarea	49
3.8.4 Cultivarea în spațiu închis	50
3.8.5 Deformări ale sistemului radicular	51
3.9 Rezistența la îngheț a materialului săditor cu rădăcini protejate	53
3.9.1 Rezistența la îngheț și ciclul de creștere	53
3.9.2 Factorii care influențează rezistența la îngheț a materialului săditor	55
3.10 Material săditor cu rădăcini protejate – depozitare, manipulare și transport	57
3.11 Material săditor forestier cu sistem radicular protejat – plantare	61
CAPITOLUL 4: PRACTICI INOVATOARE ÎN RESTAURAREA PĂDURILOR	65
4.1 Introducere	65
4.2 Aplicarea hidrogelurilor	66
4.2.1 Zona de câmpie	66
4.2.2. Zona de deal	69
4.2.3. Zona montană	72
4.3. Aplicarea hidrogelurilor în combinație cu inoculanți microbiologici ai solului	75

CAPITOLUL 5. OBIECTUL DEMONSTRATIV	79
5.1. Introducere.....	79
5.2. Înființarea obiectului demonstrativ.....	81
5.3 Evaluarea obiectului demonstrativ.....	87
CAPITOLUL 6. CREȘTEREA GRADULUI DE CONȘTIENTIZARE PRIVIND IMPORTANȚA PĂDURILOR ȘI GESTIONAREA DURABILĂ A ACESTORA	91
6.1. Rolul educației forestiere în promovarea gestionării durabile a pădurilor.....	91
6.2. Exemple de bune practici în implementarea programelor de pedagogie forestieră în Slovacia	93
6.2.1. Programe de pedagogie forestieră pentru învățământul preșcolar.....	93
6.2.2. Programul „Pădurea ascunsă într-o carte”.....	94
6.2.3. Universitatea Forestieră pentru Copii.....	94
6.2.4. Programul de pedagogie forestieră pentru licee.....	94
6.2.5. Zilele Silviculturii.....	95
6.2.6. Programul „Pădurile conectează generațiile”.....	95
CAPITOLUL 7. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	96
BIBLIOGRAFIE.....	99

PREFAȚĂ

Publicația prezentată este rezultatul proiectului comun „*Sprijinirea gestionării durabile a pădurilor în Moldova prin metode inovatoare de împădurire*”, care vizează sprijinirea gestionării durabile a pădurilor și adaptarea ecosistemelor forestiere la condițiile climatice în schimbare. Proiectul, implementat de Centrul Național Silvic în cooperare cu parteneri din Republica Moldova, se bazează pe activitățile anterioare de cooperare pentru dezvoltare și reprezintă un pas important în consolidarea capacităților profesionale și modernizarea sectorului forestier din Moldova.

Elementul cheie al proiectului este cooperarea intensivă dintre experții slovaci și moldoveni, care permite transferul eficient de cunoștințe, experiență practică și tehnologii inovatoare în domeniul împăduririi. Republica Slovacă, prin cercetare pe termen lung și practică aplicată, are o vastă experiență în restaurarea pădurilor, care este direct aplicabilă în condițiile din Republica Moldova. Această cooperare creează spațiu pentru învățarea reciprocă și adaptarea practicilor la condițiile naturale și socio-economice specifice ale țării partenere.

Importanța proiectului constă nu doar în implementarea unor metode inovatoare de împădurire, ci și în consolidarea sistematică a capacităților prin instruirea profesioniștilor, schimbul de experți și crearea de facilități demonstrative. Aceste activități contribuie la creșterea succesului împăduririi, la susținerea biodiversității și la consolidarea rezistenței ecosistemelor forestiere la secetă și la condiții climatice extreme. În același timp, ele susțin îndeplinirea obiectivelor naționale ale Republicii Moldova în domeniul creșterii suprafeței forestiere și al adaptării la schimbările climatice.

Publicația reprezintă o sinteză a cunoștințelor dobândite și a recomandărilor pentru practica silvică. Scopul său este de a contribui la implementarea eficientă a unor practici inovatoare de împădurire și de a sprijini dezvoltarea în continuare a cooperării internaționale în domeniul silviculturii, care este crucială pentru rezolvarea provocărilor globale de mediu. Considerăm că publicația prezentată va găsi un răspuns pozitiv, în special, în rândul cititorilor din practica silvică, și va deveni un instrument util în implementarea practicilor moderne de restaurare a pădurilor.

Echipa de implementarea a proiectului

AFD: Agenția Franceză de Dezvoltare

APL: Autorități publice locale

BEI: Banca Europeană de Investiții

CO₂: Dioxid de carbon

FSC (standard de certificare păduri): Consiliul pentru
Administrarea Pădurilor, eng. Forest Stewardship Council

ICAS: Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice

HG: Hotărâre de Guvern

PNERP: Programul Național de Extindere și Reabilitare a
Pădurilor

UE: Uniunea Europeană

Republica Moldova este una dintre țările europene cu cea mai mică suprafață forestieră – doar aproximativ 11% din teritoriu este acoperit de păduri, spre deosebire de media UE de aproximativ 37% (în prezent, aproximativ 45% pe continent; 39% numai în UE

https://environment.ec.europa.eu/topics/forests_en;

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging).

Această situație are rădăcini istorice și socio-economice complexe, dar astăzi creează provocări ecologice semnificative: degradarea solului, deșertificare localizată, epuizarea resurselor de apă și o vulnerabilitate crescută la schimbările climatice.

Pentru a atenua aceste probleme, în 2023, Guvernul Republicii Moldova a aprobat Programul Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor pentru perioada 2023-2032 (PNERP) împreună cu un plan de acțiune detaliat pentru prima perioadă de implementare (2023-2027). Scopul său principal este de a crește suprafața pădurilor cu aproximativ 110 mii ha în următorul deceniu, astfel încât să se atingă o rată de împădurire de aproximativ 15% până în 2032. Concomitent, se prevede reabilitarea a 35 mii ha arborete degradate și necorespunzătoare. PNERP este inclus printre prioritățile naționale de mediu și climă. Programul a fost inițiat la cel mai înalt nivel (la inițiativa Președintelui Republicii Moldova) și este în conformitate cu obiectivele strategice de dezvoltare durabilă și adaptare la schimbările climatice.

Actul juridic prin care a fost aprobat PNERP este Hotărârea Guvernului nr. 55/2023. Hotărârea respectivă mandatează Ministerul Mediului să coordoneze implementarea programului și să prezinte rapoarte anuale de progres, o evaluare intermediară în 2028 și o evaluare finală în 2033. Legislația forestieră existentă constituie baza implementării programului. Cadrul juridic include peste 30 de acte – de exemplu, Codul silvic nr. 887/1996/Codul silvic nr.69/2024, Codul funciar nr. 828/1991/Codul funciar, nr. 22/2024, Legea nr. 1041/2000 pentru ameliorarea prin împădurire a terenurilor degradate, precum și acte normative și norme tehnice. PNERP prevede actualizarea și îmbunătățirea acestui cadru legislativ până în 2032 pentru a elimina deficiențele și a clarifica responsabilitățile instituționale în sectorul silvic.

Reforme importante au fost deja lansate în cadrul programului – de exemplu, varianta nouă a codului silvic (pentru adaptarea sectorului la noile provocări) și consolidarea mecanismelor de cooperare dintre autoritățile centrale (Agenția Moldsilva și alte entități forestiere) și administrațiile locale. Toate aceste eforturi legislative și instituționale creează baza necesară pentru atingerea obiectivelor PNERP.

1.1. CALENDARUL ȘI FAZELE IMPLEMENTĂRII

Implementarea programului PNERP este împărțită pe o perioadă de 10 ani, în două faze principale, corespunzătoare a două planuri de acțiune consecutive:

- Faza I (2023–2027) acoperă primii cinci ani și se concentrează pe lansarea lucrărilor de împădurire, stabilirea condițiilor logistice și financiare preliminare și implicarea partenerilor.
- Faza a II-a (2028–2032) se bazează pe prima fază, extinzând și aprofundând activitățile pe baza lecțiilor învățate din perioada anterioară și a rezultatelor evaluării intermediare din 2028.

În prima fază, accentul se pune în principal pe:

- Dezvoltarea capacităților (înființarea de pepiniere industriale, achiziționarea de utilaje și echipamente etc.);
- Identificarea terenurilor pretabile pentru împădurire;
- Lansarea primelor campanii de plantare la scară largă.

Ministerul Mediului va colecta date privind progresele înregistrate și va prezenta rapoarte privind implementarea planului de acțiune până la 1 aprilie a fiecărui an. La mijlocul anului 2028 va fi efectuată o evaluare intermediară, pe baza căreia strategiile pot fi ajustate pentru a atinge obiectivele finale. După încheierea programului, în anul 2033 va fi întocmit un raport de evaluare finală, care va estima impactul și va propune recomandări pentru perioada următoare.

Programul anual de împădurire. În 2023, suprafața țintă de plantare a fost de aproximativ 7.000 ha (anul pregătirii și mobilizării). O creștere treptată a suprafeței este planificată începând cu 2024, cu scopul de a atinge un ritm de 10.000–15.000 ha pe an în a doua jumătate a programului. Suprafața medie de plantare și reabilitare ar trebui să ajungă la aproximativ 14.500 ha pe an, pentru a îndeplini obiectivul general de 145.000 ha până în 2032. Aceste obiective anuale sunt flexibile - depind de condițiile climatice și de disponibilitatea resurselor.

Rezultate intermediare. Până la sfârșitul anului 2025, au fost plantate peste 13 mii ha. Se așteaptă ca ritmul de plantare să crească semnificativ după 2026, pe măsură ce proiectele internaționale intră în funcțiune și pepinierele industriale încep să furnizeze cantități mai mari de puieți, inclusiv cu rădăcini protejate. Cu un management eficient și un sprijin continuu, PNERP are potențialul de a-și atinge obiectivele și de a transforma fundamental zona rurală a Moldovei în acest deceniu.

1.2. TIPURI DE MĂSURI PROPUSE

Pentru a crește suprafața pădurilor și a restaura terenurile degradate, programul include diverse măsuri tehnice adaptate diferitelor tipuri de terenuri și obiective. Principalele tipuri de măsuri implementate sunt:

► Împăduriri

Aceasta implică crearea de noi arborete pe terenuri care în prezent nu sunt acoperite cu pădure – în special pe terenuri degradate sau neproductive și pe pășuni amenințate de eroziune și alte terenuri.

Obiective:

- Îmbunătățirea mediului înconjurător prin stabilizarea solului și ameliorarea microclimatului.
- Creșterea fondului forestier și a capacității de producție a pădurilor (de exemplu, lemn pentru biocombustibili și industrie).

Planul este de a împăduri aproximativ 110.000 ha, folosind în principal specii de arbori nativi adaptate condițiilor locale. Se pune un accent deosebit pe diversitatea speciilor - sunt planificate peste 85 de specii de arbori și arbuști.

► Perdele forestiere de protecție

Moldova are o lungă tradiție de plantare a perdelelor forestiere de protecție – fâșii de arbori și arbuști care protejează zonele agricole și infrastructura de influențele climatice.

Tipuri de perdele de protecție:

- Protejarea terenurilor agricole (împotriva vântului, secetei și eroziunii);
- Protejarea cursurilor de apă și a malurilor (împotriva alunecărilor de teren, sedimentării și poluării).

Măsurile includ:

- Înființarea de noi perdele forestiere;
- Restaurarea perdelelor vechi și deteriorate (plantate în principal în anii 1950 - 1970).

Obiective:

- Plantarea sau restaurarea a aproximativ 10.000 km de perdele de protecție.
- Împădurirea a 15.000 ha de maluri de râuri și lacuri.

Beneficii:

- Protejarea a aproximativ 350.000 ha de teren arabil;
- Reducerea vitezei vântului și, prin urmare, prevenirea acțiunii sale deflaționiste și a evaporării apei;
- Limitarea riscului de deșertificare locală;
- Crearea de coridoare ecologice pentru faună.



Foto 1.1. Perdele forestiere de protecție a câmpurilor agricole <https://capital.market.md/>

► Restaurarea și reconstrucția pădurilor

Restaurarea vegetației forestiere pe zone degradate sau parțial reușite, cu scopul de a restabili ecosisteme sănătoase.

Exemple de măsuri propuse:

- Plantarea pe zone defrișate sau deteriorate (de exemplu, păduri seculare, păduri de stejar deteriorate);
- Restaurarea ecologică a terenurilor puternic erodate (pante degradate, foste cariere etc.);
- Plantarea de specii fixatoare de azot (de exemplu, salcâm) sau arbuști rezistenți pe pante.

► Stabilirea tipurilor silvopastorale de sisteme agroforestiere

Conversia pășunilor degradate în sisteme agroforestiere și silvopastorale (aprox. 5.000 ha).

Obiective:

- Îmbunătățirea condițiilor micro și macroclimatice ale localităților;
- Îmbunătățirea proprietăților fizice și chimice ale zonelor degradate;
- Creșterea sechestrării carbonului și a reglării apei în peisaj;
- Îmbunătățirea conectivității ecosistemelor locale;
- Creșterea randamentului pe unitatea de suprafață.



Foto 1.2. Campania de plantare din anul 2025, s. Mihailovca, r-nul Cimișlia
<https://www.moldpres.md/>

1.3. INFRASTRUCTURĂ ȘI CAPACITĂȚI TEHNICE

Implementarea cu succes a PNERP necesită investiții semnificative în infrastructura forestieră, axate în principal pe următoarele măsuri:

Măsuri planificate:

- Modernizarea și extinderea rețelei de pepiniere forestiere (inclusiv construirea a 3 pepiniere moderne industriale);
- Înființarea Centrului Național de Genetică și Seminologie Forestieră (asigurând material local și de înaltă calitate genetic);
- Construirea a 265 km de drumuri forestiere noi (acces îmbunătățit în zone și gestionarea ulterioară a acestora);
- Înființarea a peste 30 de depozite de masă lemnoasă (distribuție mai eficientă a lemnului de foc);
- Consolidarea dotării tehnice a exploatației forestiere: achiziționarea de utilaje (excavatoare, tractoare, freze, semănătoare, cultivatoare, motocultoare etc.).

Cu aceste investiții, în primii doi ani ai programului au fost plantate și reabilite peste 16.000 de hectare, depășind rezultatele oricărei perioade anterioare. Baza tehnică consolidată va permite continuarea plantării conform planului, fără constrângeri de capacitate.

1.4. IMPACTUL SOCIO-ECONOMIC ȘI ADAPTAREA LA SCHIMBĂRILE CLIMATICE

Împădurirea masivă necesită o forță de muncă semnificativă, în special în zonele rurale. Se estimează că aproximativ 20.600 de persoane vor fi implicate în diverse activități în fiecare an – de la colectarea semințelor la creșterea puieților, la pregătirea solului și plantarea, până la îngrijirea și conducerea arboretelor. Acest efect se referă atât la locurile de muncă sezoniere, cât și la cele permanente în silvicultură și pepinierit, iar proiectul finanțat de Banca Europeană de Investiții este așteptat să creeze peste 3.000 de locuri de muncă în comunitățile locale. Un beneficiu major al programului este că oferă oportunități de angajare în regiunile cu acces limitat la ocuparea forței de muncă, contribuind astfel la reducerea șomajului rural și la creșterea veniturilor a mii de familii. Prin implicarea administrațiilor locale și a locuitorilor în plantări, competențele lor profesionale (de exemplu, în silvicultură) sunt consolidate, pe care le pot folosi în viitor.

Efecte pe termen mediu

Pădurile plantate/restaurate vor furniza materie primă lemnoasă pentru prelucrare ulterioară, inclusiv generarea de energie termică, în viitor. De asemenea, vor fi o sursă de produse nelemnoase (fructe de pădure, ciuperci, plante medicinale etc.) pe care comunitățile le pot colecta sau cultiva.

În zonele împădurite, productivitatea agricolă poate crește datorită unor condiții microclimatice mai favorabile (mai multă umiditate în sol, protejarea terenurilor agricole împotriva eroziunii eoliene etc.).

Investițiile în infrastructură și formare profesională creează baza pentru dezvoltarea sectorului forestier și a antreprenoriatului verde (de exemplu, producția de mobilă, producția de peleți, prelucrarea lemnului local etc.).

Adaptarea la schimbările climatice și serviciile de mediu

Extinderea pădurilor este una dintre cele mai eficiente măsuri de adaptare la schimbările climatice. Aceasta crește în principal capacitatea de retenție a solului și atenuează impactul secetei. Un alt beneficiu semnificativ al pădurilor sănătoase și rezistente este răcirea mediului (evapotranspirație), reducând riscul de eroziune, alunecări de teren și inundații. Se așteaptă ca 145.000 ha de păduri noi și reabilite să îmbunătățească semnificativ microclimatul în întreaga țară.

Sechestrarea carbonului

Pădurile nou plantate în cadrul PNERP vor absorbi cantități mari de CO₂ pe măsură ce cresc (circa 1272 kt CO₂/an sau o creștere cu circa 56% a capacităților curente), ajutând Moldova să își îndeplinească angajamentele asumate în cadrul Acordului de la Paris și al Strategiei de dezvoltare cu emisii reduse a Republicii Moldova (HG 1470/2016), iar PNERP va transforma utilizarea terenurilor și silvicultură dintr-un actor pasiv într-un pilon activ al neutralității climatice.

Biodiversitate

Noile păduri se vor extinde și vor conecta ecosistemele existente, permițând speciilor să migreze și să se adapteze, reducând fragmentarea cu 0,75 unități și oferind habitate mai mari și mai sănătoase pentru fauna sălbatică. Plantările pe soluri saline sau poluate vor sprijini fitoremedierea - curățarea solului cu ajutorul plantelor.

Beneficii culturale și comunitare

Perdelele de protecție și pădurile nou construite în așezări (de exemplu, parcurile suburbane) vor îmbunătăți calitatea vieții prin moderarea climei (umbră și răcire). Acestea vor contribui la îmbunătățirea percepției generale asupra peisajului și vor crea spațiu pentru a oferi oportunități de recreere și ecoturism. Aceste efecte consolidează reziliența socio-ecologică a Moldovei - comunități mai rezistente, ecosisteme mai sănătoase și o economie rurală diversificată vor putea face față provocărilor viitoare.

Acest capitol analizează capacitatea actuală de producție a materialului săditor în pepinierele (gestionate de Agenția „Moldsilva”), starea acestor pepiniere (echipamente, tehnologie, resurse umane), ritmul și extinderea suprafețelor reîmpădurite în ultimii ani, tipurile de măsuri silvice implementate (regenerarea pădurilor, împădurirea, reconstrucția ecologică), regiunile prioritare și criteriile de selectare a terenurilor pentru împădurire, precum și provocările administrative, climatice și economice cu care se confruntă sectorul.

2.1. CAPACITATEA DE PRODUCȚIE ÎN PEPINIERELE SILVICE

Producerea de material forestier de reproducere în pepiniere este în deplină competență a rețelei de pepiniere silvice de stat, gestionată de Agenția „Moldsilva”. În prezent, această rețea include 57 de pepiniere silvice răspândite în întreaga țară. Suprafața totală a pepinierelor este de aproximativ 962 ha. Acest raport pepinieră/suprafață forestieră este relativ mare, ceea ce indică un potențial de producție semnificativ dacă infrastructura ar fi extinsă și utilizată la maximum.

Conform datelor istorice de producție, în perioada 1997–2022, pepinierele de stat au produs în medie aproximativ 33,1 milioane de puieți pe an, pe o suprafață medie semănată de circa 144,7 ha pe an. Aceasta corespunde unei productivități medii de aproximativ 228 de mii de puieți/hectar.

Totuși, capacitatea maximă teoretică a rețelei de pepiniere este mult mai mare: dacă toate cele circa 962 ha ar fi utilizate intensiv și modernizate, producția ar putea ajunge până la circa 80 de milioane de puieți pe an.

Începând cu anul 2023, odată cu declanșarea PNERP, s-a observat o creștere a producției de material săditor. Cele mai recente date de la Moldsilva arată o creștere semnificativă a producției de puieți în 2023 pentru a susține plantările masive planificate. De exemplu, aproximativ 24 de milioane de puieți au fost crescuți doar pentru plantarea de toamnă a anului 2023, iar circa 13 milioane de puieți au fost utilizați pentru campania de primăvară din 2024. Aceste cifre indică o accelerare a producției față de media anilor precedenți, pepinierele fiind capabile să furnizeze o cantitate semnificativă din materialul săditor necesar pentru extinderea suprafețelor împădurite.

2.2. STAREA ACTUALĂ A PEPINIERELOR FORESTIERE: INFRASTRUCTURĂ, TEHNOLOGIE ȘI RESURSE UMANE

Calitatea și capacitatea pepinierelor de stat din Republica Moldova depind în principal de dotarea tehnică, utilizarea tehnologiilor moderne și resursele umane implicate. Analiza situației actuale relevă puncte forte, precum și numeroase probleme care necesită modernizare.

2.2.1. INFRASTRUCTURA ȘI ECHIPAMENTELE DIN DOTARE

În prezent, infrastructura tehnică a pepinierelor este în mare parte depășită. Multe pepiniere funcționează cu echipamente și tehnologii care sunt învechite din punct de vedere moral și nu au suferit o modernizare semnificativă în ultimele decenii. Această situație reduce eficiența producției de material săditor și capacitatea pepinierelor de a se adapta la noile provocări, în special la schimbările climatice.

Accesul la apă și sistemele de irigații sunt factori critici. Din cauza încălzirii globale, apa a devenit principalul factor limitator pentru producția de puiți. Cu toate acestea, majoritatea pepinierelor forestiere de stat nu au propria sursă de apă (fântână, lac, râu etc.). Chiar și acele pepiniere care au acces la apă (în special în raioanele centrale și nordice) nu sunt dotate cu sisteme moderne de irigații. Aceasta înseamnă că precipitațiile sunt încă principala sursă de apă, iar în anii secetoși, pierderile de material săditor pot ajunge la un nivel mare. Lipsa tehnologiilor climatice „inteligente” moderne pentru captarea și utilizarea eficientă a apei este o problemă majoră în producția actuală de pepinierele locale.

În ceea ce privește mecanizarea, dotarea pepinierelor cu tractoare și alte utilaje agricole/silvice este insuficientă și parțial uzată. Conform inventarului tehnic la etapa demarării PNERP, rețeaua Agenției Moldsilva a deținut un total de doar 50 de tractoare și aproximativ 120 de alte utilaje (pluguri, grape, cultivatoare, semănători, utilaje de plantat, cisterne etc.). Cu toate acestea, doar 7 dintre aceste utilaje erau în stare bună (restul fiind în stare satisfăcătoare sau nesatisfăcătoare), în timp ce dintre celelalte utilaje doar 8 erau în stare bună, 87 satisfăcătoare și 25 nesatisfăcătoare. Aceasta indică un grad ridicat de uzură și o fiabilitate scăzută. Majoritatea utilajelor funcționale sunt utilizate și pentru lucrări direct în pădure (în fondul forestier și în afara acestuia), ceea ce provoacă uzura lor ulterioară.

Mecanizarea insuficientă duce la o dependență crescută de munca manuală. În prezent, tehnologiile inovatoare și automatizate sunt încă foarte puțin utilizate în silvicultura locală. Multe operațiuni din pepiniere (semănat, repicatul, tăiere, irigare etc.) sunt efectuate manual sau cu unelte simple, utilizând o cantitate mare de muncă sezonieră. Dominanța muncii manuale caracterizează nu doar pepinierele, ci și întregul ciclu de instalare și conducere a pădurilor, ceea ce reflectă decalajul în mecanizarea și digitalizarea proceselor.

Aceste fapte evidențiază nevoia urgentă de modernizare a infrastructurii pepinierelor. Prioritatea este construirea de rezervoare de colectare a apei de ploaie, captarea și stocarea apei subterane, introducerea unor sisteme eficiente de irigații (de exemplu, sisteme de irigații automatizate), care vor asigura supraviețuirea și creșterea materialului săditor. Echiparea pepinierelor cu utilaje noi (tractoare mici, freze, semănătoare moderne etc.) ar crește, de asemenea, semnificativ productivitatea muncii. PNERP conține măsuri care vizează aceste obiective - de exemplu, dotarea pepinierelor cu tehnologie modernă este identificată ca o acțiune prioritară. Finanțarea externă obținută recent (inclusiv un împrumut BEI de 200 de milioane de euro aprobat în 2024) va permite achiziționarea de utilaje și echipamente puternice pentru sectorul forestier. Se preconizează înființarea a trei noi pepiniere industriale regionale (nord, centru, sud) cu echipamente moderne, precum și construirea Centrului Național de Genetică și Seminologie Forestieră pentru a asigura o bază de semințe de înaltă calitate.

2.2.2. TEHNOLOGII DE PRODUCERE A MATERIALULUI SĂDITOR ȘI INTRODUCEREA INOVAȚIILOR

Producerea materialului săditor include mai multe etape tehnologice: colectarea și pregătirea semințelor, stratificare, repicare, îngrijirea (eliminarea buruienilor, irigarea, fertilizarea, combaterea dăunătorilor) și, în final, colectionarea și sortarea puieților pentru livrare. În mod ideal, fiecare etapă ar trebui optimizată cu tehnologii moderne (de exemplu, semănat mecanic de precizie, sere și straturi foliate pentru puieți, sisteme de irigare automatizate cu senzori, fertilizare controlată, substraturi îmbunătățite, mașini pentru colectarea puieților etc.). Utilizarea tehnologiilor moderne este încă limitată în pepinierele Agenției Moldsilva. Acestea operează predominant cu practici tradiționale cu un grad scăzut de automatizare. Cu toate acestea, există îmbunătățiri evidente în ultimii ani în prelucrarea materialului săditor, cu accent pe conservarea calității genetice.

În ultimul deceniu, Agenția Moldsilva a modernizat și extins suprafața bazei seminologice (sectoare pentru colectarea semințelor) la 4318 ha, implicând toate întreprinderile silvice regionale. Acest lucru asigură o mai bună colectare a semințelor de la arbori sănătoși și adaptați local. Recolta anuală de semințe forestiere variază foarte mult în funcție de condițiile climaterice – de la circa 50 tone la 375 de tone. În anii 2002–2024, au fost recoltate aproximativ 4024 de tone de semințe care acoperă circa 60 de specii de arbori și arbuști forestieri. Progresul constă în faptul că o proporție tot mai mare de semințe sunt testate pentru calitate: circa 72% au fost analizate în laborator, mai mult de jumătate încadrându-se în clasele de calitate superioară (I și II) în ceea ce privește germinarea. Utilizarea semințelor de înaltă calitate și adaptate crește semnificativ succesul germinării și al creșterii puieților.

În 2022 a fost adoptată Legea nr. 44/10.03.2022 cu privire la producerea, comercializarea și utilizarea materialului forestier de reproducere, aliniată la standardele UE. Această lege creează un sistem modern de certificare a originii și calității semințelor și puieților, asigurând trasabilitatea și adecvarea ecologică a materialului săditor. În același timp, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS) lucrează la definirea/completarea „Catalogului Național al materialelor de bază pentru producerea materialului forestier de reproducere” cu scopul de a ține evidența, la nivel național, a tuturor unităților-sursă, pe categorii, specii și regiuni de proveniență ale materialului forestier de reproducere. Acest instrument cartografiază originea semințelor, regiunile genetice și cele mai valoroase resurse genetice ale țării, permițând selecția informată a semințelor pentru fiecare amplasament de plantare (un principiu fundamental pentru rezistența pădurilor la schimbările climatice).

În producerea de material săditor pentru împădurire în cadrul PNER, Moldova trebuie să utilizeze o gamă largă de specii – aproximativ 85 de specii native și introduse de arbori și arbuști, plus circa 10 specii din zonele învecinate, cu potențial ridicat de adaptare la condițiile climatice în schimbare. Toate aceste specii sunt considerate potrivite pentru condițiile pedoclimatice locale și sunt incluse în PNERP. De exemplu, stejarul pedunculat (*Quercus robur*) și stejarul pufos (*Q. pubescens*) rămân speciile forestiere de bază, dar sunt examinate și specii din zone cu un climat mai arid (din străinătate) pentru a vedea dacă pot completa pădurile viitoare. Această diversificare contribuie la creșterea rezistenței zonelor de plantare a pădurilor la secetă, dăunători și boli.

Rezumat:

Starea actuală a pepinierele forestiere este caracterizată de un contrast între potențial și limite: există pepiniere și personal experimentat disponibil, dar acestea lucrează cu echipamente învechite și tehnologii simple. Conștientizarea acestor deficiențe a declanșat măsuri de modernizare fără precedent – investiții în irigații, mecanizare și digitalizare – care sunt esențiale pentru atingerea obiectivelor ambițioase de împădurire în următorii ani.

2.2.3. RESURSE UMANE ÎN PEPINIERE ȘI SILVICULTURĂ

Un aspect adesea trecut cu vederea, dar crucial, este capacitatea resurselor umane din sectorul forestier. Producerea a zeci de milioane de puieti pe an și împădurirea a mii de hectare necesită eforturi semnificative din partea silvicultorilor, lucrătorilor sezonieri și cercetătorilor științifici.

În Republica Moldova, sectorul forestier se confruntă cu un deficit de profesioniști calificați. În ultimul deceniu, educația și cercetarea în domeniul silvic au scăzut din cauza lipsei de cadre didactice și oameni de știință, a finanțării insuficiente și a migrației profesioniștilor. Mulți silvicultori cu experiență s-au pensionat, iar tinerii profesioniști sunt puțini, deoarece domeniul este perceput ca fiind neatractiv din punct de vedere financiar și solicitant. Această situație complică munca în pepiniere (unde este dificil să găsești lucrători sezonieri calificați), precum și implementarea împăduririi și monitorizarea plantațiilor.

Agenția Moldsilva încearcă să compenseze lipsa forței de muncă prin mobilizarea propriului personal și prin parteneriate cu autoritățile locale, voluntari și militari în timpul campaniilor de împădurire. De exemplu, în timpul Zilei Naționale de Înzverire și al altor evenimente, sute și chiar mii de oameni, inclusiv militari, angajați ai Ministerului de Interne, studenți și voluntari, participă la plantări împreună cu silvicultorii. Această implicare a societății civile și a instituțiilor este benefică.

Un aspect pozitiv al provocării resurselor umane este creșterea gradului de conștientizare a publicului cu privire la mediu și educația ecologică. Implicarea comunităților locale în plantări a încurajat interesul pentru păduri și gândirea participativă. PNERP se bazează pe responsabilitatea socială: fiecare persoană care plantează un copac își asumă și responsabilitatea pentru creșterea ulterioară a acestuia. În același timp, însă, autoritățile statului subliniază că îngrijirea noilor păduri nu poate fi lăsată doar în seama voluntarilor, dar, în primul rând, este necesar să existe un personal silvic stabil care să aibă grijă de plantări și să cultive puieti.

În același context, s-a luat decizia de a consolida sectorul forestier comunal și privat. Planurile includ instruirea personalului administrației locale care gestionează pădurile municipale și încurajarea proprietarilor privați de terenuri să angajeze experți sau să coopereze cu Moldsilva pentru îngrijirea plantațiilor.

Cooperarea cu partenerii externi (de exemplu, Serviciul Forestier al SUA, Regia Națională a Pădurilor Romsilva, România, Centrul Național Silvic – Slovacia, Institutul de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, România etc.) oferă oportunități pentru schimbul de experiență și educația continuă a silvicultorilor din Republica Moldova.

Rezumat:

Resursele umane rămân coloana vertebrală a oricărui efort de împădurire. Investițiile în oameni – prin educație, formare profesională, stimulente financiare și recunoaștere publică – sunt la fel de importante ca investițiile în puieti sau tehnologie. O bună practică este campania „Generația Pădurii” sub auspiciile Președintelui Republicii Moldova, care pune accentul pe schimbarea atitudinii tinerei generații față de păduri și îndeamnă studenții și tinerii profesioniști să participe activ la plantarea și protejarea pădurilor viitoare.

2.3. SUPRAFAȚA ANUALĂ A ZONELOR ÎMPĂDURITE

Rata reală de împădurire (inclusiv atât împădurirea terenurilor noi, cât și reîmpădurirea) a variat semnificativ în ultimele două decenii, în funcție de disponibilitatea finanțării, voința politică și condițiile climatice. Între 2002 și 2022, împădurirea/reîmpădurirea a fost efectuată pe o suprafață de 145.299 de hectare la nivel național. Această suprafață cumulată – care reprezintă aproape jumătate din suprafața forestieră actuală a țării – implică o rată medie anuală de împădurire/reîmpădurire / reabilitare de aproximativ 7.000-7.500 ha.

În perioada 2022-2023, în cadrul PNERP, autoritățile de control au introdus un sistem de monitorizare și raportare mai strict. Zonele nou împădurite vor fi supuse inspecțiilor timp de cel puțin 7 ani de la plantare – până la constituirea stării de masiv. Acest proces este susținut și de tehnologia modernă – o hartă interactivă online afișează zonele împădurite în prezent, pe care publicul le poate urmări și participa la plantare sau monitorizare. Astfel, transparența a crescut semnificativ, iar administrațiile locale știu că plantațiile de pe teritoriul lor vor fi inspectate în mod regulat.

Suprafețele împădurite anual includ diverse categorii: împădurirea terenurilor agricole aflate în stare degradată (clasificate drept fond forestier), reabilitarea/restaurarea zonelor forestiere (fie după exploatare forestieră, exploatare forestieră ilegală etc.) și crearea de perdele forestiere de protecție (împotriva eroziunii, inundațiilor etc.).

Un caz special îl reprezintă campaniile masive din 2002-2009, timp în care au fost plantate circa 60 hectare de păduri noi, în principal în cadrul Programului Național de Împădurire, care a asigurat atingerea maximului de producere a puieților forestieri – peste 75 de milioane în anul 2003. Cu toate acestea, lipsa îngrijirii ulterioare și secetele aspre din 2007 și 2012 au cauzat pierderi masive. Seceta din 2007 a afectat peste 70% din suprafața țării și a provocat pagube de aproximativ 1 miliard de dolari. Aceste experiențe au condus la dedicarea resurselor suficiente de către programul actual pentru îngrijirea plantațiilor în următorii 3-7 ani după plantare.

Totuși, tendința generală este pozitivă: atât suprafețele împădurite anual, cât și calitatea planificării și monitorizării acestora sunt în creștere. Obiectivul pentru viitor este de a atinge o rată stabilă de plantare de aproximativ 10-15 mii de hectare pe an (în funcție de resursele tehnice și financiare disponibile), ceea ce ar permite reducerea deficitului actual și îndeplinirea obiectivelor de împădurire stabilite.

În silvicultura din Republica Moldova, se utilizează diferite tipuri de măsuri pentru a mări suprafața pădurilor sau a îmbunătăți calitatea pădurilor existente. Termenii împădurire, reîmpădurire, reconstrucție ecologică se referă la diferite intervenții adaptate contextului zonei țintă:

Împădurirea – înseamnă plantarea unei păduri pe zone care anterior nu erau păduri (sau de pe care de multă vreme a fost înlăturată). În practică, aceasta implică crearea de noi păduri pe terenuri abandonate, în râpe, pe zone erodate, foste pășuni etc. Scopul principal al împăduririi este extinderea fondului forestier al țării și reducerea suprafeței zonelor degradate. Împădurirea aduce beneficii ecologice (stabilizarea solului, combaterea deșertificării, sechestrarea carbonului) și poate aduce și beneficii comunității (lemn de foc viitor, reglarea microclimatului, protejarea culturilor agricole etc.). În cadrul PNERP, majoritatea celor 145 mii ha planificate (aproximativ 110 mii ha) va consta în împădurirea de noi zone, adică crearea de păduri pe terenuri care până în prezent nu au fost împădurite. Aceste intervenții necesită, de obicei, plantare densă, utilizarea unor specii pioniere adaptate condițiilor de mediu (de exemplu, salcâm pe nisipuri și râpe, plop și salcie în zonele inundabile, stejar pedunculat și frasin pe zonele erodate) și este foarte importantă protejarea plantațiilor de influențele externe - împrejmuirea contra animalelor, protecția împotriva exploatării forestiere ilegale etc.

Reîmpădurirea – se referă la plantarea sau regenerarea naturală gestionată pe zone care anterior erau împădurite. Aceasta include zone din fondul forestier după exploatare (tăieri rase cu regenerare artificială), după dezastre ecologice, incendii forestiere, atacuri de dăunători etc. Pădurea regenerată ar trebui să îndeplinească funcțiile forestiere necesare. Programul se așteaptă ca majoritatea zonelor regenerate să fie zone după exploatare forestieră sau dezastre. Regenerarea pădurilor se realizează cu arbori potriviți pentru tipul de habitat dat sau, în cazul eșecurilor repetate, se pot utiliza specii mai rezistente. Rata de succes a regenerării pădurilor este, de obicei, mai mare decât în cazul împăduririi pe zone noi, deoarece solul are mai multă materie organică, microclimatul este mai blând în comparație cu zonele deschise, iar impactul negativ al activității umane este mai mic. Cu toate acestea, provocarea este de a efectua lucrările în intervalul de timp optim – legislația silvică impune reîmpădurirea după exploatare forestieră în termen de 2 ani, altfel buruienile și arbuștii nedorți vor începe să crească intensiv pe zonă, ceea ce reduce succesul.

Reconstrucția ecologică (a pădurilor degradate): Aceasta este o intervenție complexă în pădurile existente, care se află însă într-o stare calitativă precară sau nesatisfăcătoare. Reconstrucția ecologică se concentrează pe îmbunătățirea structurală și a speciilor din arboretele degradate, pentru a le crește funcția de protecție și valoarea de producție. Se utilizează în arborete (după exploatare forestieră) cu productivitate scăzută, în cazurile de exploatare forestieră ilegală excesivă sau în cazurile de specii nepotrivite. Are două metode principale:

- Conversie/substituire – înlocuirea completă a unei specii sau a unui grup de specii de arbori dintr-un arboret cu specii mai valoroase sau mai bine adaptate (de exemplu, înlocuirea arboretelor vechi de salcâm cu stejar și frasin nativi).
- Restaurare/refecere – îndepărtarea completă a arboretelor nepotrivite și replantarea de arborete noi în aceeași locație, fie din speciile originale (de exemplu, stejar pedunculat), fie din alte specii mai potrivite.

Aceste intervenții sunt costisitoare și solicitante, practic ca replantarea unei păduri. În prezent, restaurarea ecologică se efectuează doar pe 10-15% din amplasamentele unde ar fi necesară, în principal, în ariile protejate pentru restaurarea compoziției naturale. Limitarea constă în resursele financiare și tehnice, deoarece este mai ușor să se mențină starea pădurilor degradate decât să se investească activ în transformarea lor. Cu toate acestea, programul prevede efectuarea restaurării ecologice pe cel puțin 35 de mii de hectare de păduri degradate până în 2032, ceea ce înseamnă un accent tot mai mare în viitor. Exemple sunt arboretele din Rezervația Naturală „Plaiul Fagului”, unde plantațiile inadecvate de pin silvestru sunt înlocuite cu fag și stejar, sau în luncile inundabile ale râurilor Prut și Nistru, unde plopul euroamerican este înlocuit cu ecotipul original și se creează arborete forestiere mixte.

Rezumat:

Împădurire = crearea de păduri pe zone noi, anterior neîmpădurite (crearea de noi păduri pe terenuri degradate).

Reîmpădurire = restaurare artificială, naturală sau combinată a pădurii în cazul în care pădurea a fost îndepărtată temporar (de exemplu, exploatare forestieră, dezastru).

Restaurare ecologică = îmbunătățirea calității pădurilor existente prin schimbarea compoziției și structurii acestora pentru o pădure mai sănătoasă și mai sustenabilă.

Toate cele trei tipuri de intervenții sunt implementate în prezent. Împădurirea de noi suprafețe este o prioritate cantitativă (cu scopul de a crește acoperirea forestieră de la aproximativ 11% în prezent la 15% ulterior), restaurarea pădurilor face parte din operațiunile silvice obișnuite (sute de hectare pe an), iar reconstrucția ecologică câștigă importanță, în special din cauza schimbărilor climatice, când unele arborete (de exemplu, molid sau pin silvestru) trebuie înlocuite cu specii native mai rezistente.

2.4. REGIUNI PRIORITARE ȘI CRITERII PENTRU SELECTAREA TERENURILOR PENTRU ÎMPĂDURIRE

Resursele limitate necesită stabilirea unor priorități geografice și a unor criterii clare pentru selectarea zonelor care urmează să fie împădurite. PNERP s-a concentrat pe identificarea zonelor în care împădurirea ar aduce cele mai mari beneficii și unde sunt disponibile terenuri adecvate.

Criterii generale pentru selectarea terenurilor pentru împădurire:

Gradul de degradare a terenurilor. Se acordă prioritate terenurilor grav degradate: zone erodate, alunecări de teren, râpe, terenuri degradate sau poluate. Împădurirea acestor zone aduce beneficii imediate prin stabilizarea solului. Terenurile agricole erodate ocupă aproximativ 1009 mii ha (inclusiv circa 137 mii ha erodate puternic) în Moldova (mai mult de un sfert din teritoriul țării), în timp ce degradarea continuă cu o creștere anuală de aproximativ 0,9%. În special, terenurile arabile cultivate intensiv pe pante necesită împădurire parțială pentru a stopa eroziunea. În fiecare an, aproximativ 26 de milioane de tone de sol fertil se pierd de pe terenurile agricole, ceea ce reprezintă o pierdere economică de aproximativ 3,1 miliarde de lei. Împădurirea acestor terenuri este, prin urmare, esențială. Exemple: versanții grav erodați din zonele centrale și sudice ale țării, unde sunt plantați salcâmi, stejari, sau râpele adânci, pe care doar copacii le pot stabiliza.

Zone cu amenințări climatice sau de risc. Se acordă prioritate terenurilor predispuse la alunecări de teren, inundații sau deșertificare. În zonele cu risc de alunecări de teren (în special, în zonele deluroase cu soluri argiloase, de exemplu, Codri centrali), împădurirea reduce semnificativ riscul de eroziune prin stabilizarea pantelor cu rădăcini de arbori. În luncile inundabile ale râurilor (Pрут, Nistru, Răut), împădurirea luncilor și a malurilor ajută la atenuarea inundațiilor și la protejarea barajelor. Extrema sudică (Bugeac) se confruntă cu ariditate severă – împădurirea de acolo ajută la combaterea deșertificării incipiente. Pierderea vegetației forestiere exacerbează seceta locală și clima extremă, astfel încât zonele aride (stepa Bălțului, raioanele Cahul și Taraclia, UTA Găgăuzia) prezintă interes pentru împădurire.

Acoperire forestieră regională. Zonele cu acoperire forestieră foarte scăzută sunt vizate pentru a îmbunătăți stabilitatea ecologică a teritoriului. Moldova prezintă diferențe regionale mari: de exemplu, sudul are o acoperire forestieră mai mică de 10%, în timp ce regiunea centrală Codri atinge peste 25% în unele raioane. Regiunile nordice și sudice - Silvostepa și Stepă - au fost din punct de vedere istoric aproape lipsite de păduri. PNERP își propune să crească împădurirea acestor regiuni defavorizate pentru a proteja solul și a îmbunătăți microclimatul.

Exemple: în raioanele Leova, Cimișlia, Ștefan Vodă, UTA Găgăuzia, Drochia, Florești, cu o pondere redusă de păduri, proiectele de împădurire la scară largă vor fi implementate cu prioritate.

Disponibilitatea terenurilor publice. Un criteriu practic este prioritatea împăduririi terenurilor care pot fi furnizate legal proprietarilor. Majoritatea acestora sunt terenuri deținute de administrația publică locală (APL) care nu sunt potrivite pentru agricultură. Din 2017, comunitățile pot identifica terenurile degradate și le pot gestiona temporar prin intermediul Agenției Moldsilva în scopul plantării. Acest parteneriat dintre APL și Agenția Moldsilva este forța motrice din spatele campaniei actuale. Până la sfârșitul anului 2025, aproximativ 592 de comunități erau implicate în parteneriat, cu circa 29 mii ha terenuri alocate pentru împădurire. Terenul rămâne în proprietatea APL, iar după ce pădurea tânără crește, gestionarea revine comunității, ceea ce a înlăturat preocupările inițiale ale administrațiilor locale. O altă noutate este posibilitatea împăduririi terenurilor private voluntare cu posibile beneficii pentru proprietari (creșterea valorii terenurilor, compensații). În context, se așteaptă ca firmele sau administrațiile, de exemplu, să participe la acest proces cu stimulente financiare (plăți pentru servicii ecosistemice).

Dimensiunea și amplasarea parcelelor. Se preferă suprafețe compacte, cât mai mari posibil, în locul insulelor mici și izolate. O gestionare eficientă necesită un minim de aproximativ 300 ha pentru a stabili un district/canton silvic separat. Prin urmare, se încearcă fuzionarea parcelelor mai mici în unități mai mari. Proximitatea pădurilor existente este, de asemenea, luată în considerare pentru conectivitatea ecologică - programul își propune să reducă fragmentarea pădurilor și să creeze coridoare verzi. Parcelele adiacente pădurilor existente sunt preferate celor izolate, chiar dacă ambele sunt degradate. Conexiunea habitatelor forestiere susține biodiversitatea și rezistența ecosistemului.

Regiuni prioritare conform următoarelor criterii:

Regiunea Centrală (Codri): Regiunea are o suprafață mai mare de păduri, dar și zone erodate extinse. Raioanele Călărași, Ungheni, Strășeni, Hâncești au rate ridicate de eroziune (de exemplu, Călărași 57,6% din terenul agricol este erodat). Împădurirea se concentrează pe versanții cu risc de alunecări de teren și râpe și completează zonele forestiere lipsă de pe crestele dealurilor. Codrii se confruntă, de asemenea, cu uscarea stejarului, astfel încât se implementează măsuri de restaurare ecologică.

Regiunea de Sud (Bugeac): Cu cea mai aridă climă și o pondere a pădurilor sub 10%. Raioanele Cahul (42,5% din suprafețele erodate), Cantemir, Taraclia, UTA Găgăuzia sunt prioritizate pentru plantarea perdelelor forestiere de protecție împotriva secetei, precum și restaurarea perdelelor forestiere originale distruse sau degradate după 1991. Plantarea se va efectua prioritar cu specii rezistente la secetă și pentru a stopa deșertificarea.

Coridoare fluviale (Prut, Nistru și afluenții săi): Pădurile din luncile inundabile ale acestor râuri au fost defrișate din punct de vedere istoric. Programul restabilește acoperirea forestieră din luncile inundabile (de exemplu, Prutul inferior lângă Cahul, lunca inundabilă a Nistrului lângă Ștefan Vodă, Căușeni). Perdelele forestiere riverane protejează apa și biodiversitatea, stabilizează malurile și acționează ca bariere împotriva inundațiilor.

Zone urbane și zone defavorizate din punct de vedere ecologic. Împădurirea îndeplinește și o funcție socială. De exemplu, în jurul orașelor Chișinău, Bălți, Comrat se plantează zone verzi pentru a îmbunătăți calitatea aerului. Un exemplu este împădurirea gropilor de gunoi curățate (de exemplu, Măcărești, Ungheni, unde aproximativ 37,6 ha au fost împădurite în 2022), combinând astfel ecologizarea cu împădurirea. Astfel de zone neutilizate (cariere excavate, zone industriale abandonate) sunt ideale pentru conversia în zone verzi.

Procesul de selecție a terenurilor în practică. Selecția începe la nivel local – APL sunt conștiente de parcelele problematice de pe teritoriul lor și, conform Regulamentului privind împădurirea terenurilor degradate din Republica Moldova, aprobat prin HG 1186/2016, le propun pentru împădurire. Experții silvici (ICAS, administrațiile silvice teritoriale) efectuează evaluări pe teren, studii pedologice de bază, măsurători și pregătesc documentația tehnică. Pe baza rezultatelor, se ia o decizie cu privire la caracterul adecvat al parcelei (unele pot fi respinse din cauza bonității solului, a poluării grave sau a litigiilor legale). Pentru parcelele aprobate se elaborează proiecte tehnice, se semnează contracte între deținătorul de teren și Moldsilva și încep pregătirile terenului și plantarea.

Până la sfârșitul anului 2025, peste 2.276 sectoare de teren din peste 592 de administrații locale fuseseră alocate, identificate și documentate. Acest volum administrativ extins a asigurat progresul stabil al programului: până în la sfârșitul lunii decembrie 2025, aproximativ 29.000 ha de teren fuseseră alocate, din care aproximativ 22.000 ha erau obligate contractual pentru împădurire. Această bază permite planificarea creșterii materialului forestier de reproducere și alocarea fondurilor necesare pentru anii următori.

2.5. PROVOCĂRI ÎN IMPLEMENTAREA ÎMPĂDURIRII: ADMINISTRATIVE, CLIMATICE ȘI ECONOMICE

Implementarea la scară largă a împăduririi și reîmpăduririi în Republica Moldova se confruntă cu mai multe provocări fundamentale care trebuie abordate pentru ca programul să obțină un succes durabil. Aceste provocări pot fi împărțite în trei categorii: administrative/instituționale, climatice/ecologice și economice/financiare.

2.5.1. PROVOCĂRI ADMINISTRATIVE ȘI INSTITUȚIONALE

În ciuda existenței unor strategii și legi, aplicarea lor este îngreunată de ambiguități legislative și schimbări frecvente. Până de curând, procedura de împădurire a terenurilor din afara fondului forestier nu era reglementată în mod clar. Doar deciziile din 2016 și 2023 au permis implicarea mai amplă a administrațiilor locale, iar Legea nr.44/2022 privind producerea, comercializarea și utilizarea materialului forestier de reproducere materialul forestier de reproducere a eliminat alte lacune. Cu toate acestea, rămân probleme neclare, cum ar fi stimulentele pentru proprietarii privați sau compensarea pentru posibilele pierderi rezultate din utilizarea terenurilor. În ultimele decenii au fost adoptate mai multe documente strategice, dar implementarea lor a fost fragmentată. Reorganizările frecvente ale instituțiilor silvice au cauzat eșecuri ale programelor anterioare (HG 101/2014 etc.). De exemplu, nu a fost efectuat niciodată un inventar sistematic al suprafețelor nou împădurite, ceea ce face imposibilă evaluarea obiectivă a realizărilor și a responsabilității. Birocrația, cum ar fi procesele lungi de aprobare, semnarea contractelor și permisele multiple, întârzie adesea lucrările sezoniere care au loc doar toamna și primăvara. Pentru a atenua aceste probleme, guvernul a simplificat unele proceduri, cum ar fi cea legată de alocarea terenurilor în scopul împăduririi.

Conform studiilor recente se estimează că aproximativ 60% din populația rurală depinde de lemn energetic, ceea ce pune o presiune semnificativă asupra pădurilor. Exploatarea forestieră ilegală reduce calitatea pădurilor și subminează parțial eforturile de reîmpădurire, cu excepția cazului în care noile plantații sunt protejate. Soluția necesită cooperarea dintre silvicultori, agențiile de aplicare a legii și conștientizarea publicului. Concomitent, Agenția Moldsilva trebuie să mărească numărul de ingineri de teren și să investească în tehnologii moderne de monitorizare.

O altă provocare este comunicarea cu administrația locală. Inițial, nu toate administrațiile au fost dispuse să coopereze – unele se temeau să piardă terenuri, altele se îndoiau de succesul proiectului. Astfel, a fost necesară o campanie intensivă de conștientizare, care a inclus întâlniri pe teren, vizite la împăduriri reușite și sesiuni de informare. După ce au înțeles că pădurea va rămâne în proprietatea comunității și că costurile de plantare și întreținere vor fi acoperite de stat prin intermediul Agenției Moldsilva, peste 500 din aproximativ 900 de administrații locale s-au implicat. Cu toate acestea, comunicarea rămâne o provocare – interesul și angajamentul local trebuie menținute pe întreaga perioadă de formare a pădurii (7-10 ani), altfel existând riscul unei atenții reduse după plantare.

Împădurirea nu este doar sarcina silvicultorilor, ci necesită cooperarea cu agricultura (pentru transferul terenurilor agricole), oficiile cadastrale (schimbări temporare de destinație), administrația publică și autoritățile de mediu (pentru respectarea ariilor protejate și a biodiversității). Dezacordurile pot bloca un proiect, de exemplu, atunci când planurile de irigații și împădurire intră în conflict. Acest lucru necesită comisii mixte și planificare spațială integrată, care se află încă într-un stadiu incipient în Moldova. PNERP subliniază necesitatea îmbunătățirii acestei coordonări.

2.5.2. PROVOCĂRI CLIMATICE ȘI DE MEDIU

Schimbările climatice și secetele extreme: Moldova este afectată în mod regulat de fenomene meteorologice extreme – secete de lungă durată, valuri de căldură, vânturi uscate, ierni fără zăpadă urmate de înghețuri târzii. Frecvența secetelor a crescut, în special în sudul țării. Aceste condiții amenință succesul împăduririi, deoarece arborii tineri au nevoie de umiditate constantă în primii 2-3 ani pentru dezvoltarea rădăcinilor. De exemplu, plantarea de toamnă a 12 milioane de arbori în 2020 a fost grav afectată de seceta din 2021-2022, când peste 60% dintre puieți s-au uscat. Soluțiile necesită investiții în surse de irigații (de exemplu, rezervoare de apă), utilizarea gelurilor de hidretenție, mulcire și plantarea de puieți mai mici, cu sisteme radiculare mai puternice, creșcuți din butași sau material de pepinieră. Momentul potrivit de plantare este, de asemenea, important - toamna târzie este mai potrivită, deoarece temperaturile mai scăzute determină o instalare mai rapidă a repausului vegetativ și permit puieților să utilizeze rezervele de apă din perioada de iarnă, în primăvară.

Degradarea și salinizarea solului: În zonele puternic degradate, puieții cresc lent. Unele parcele sunt saline sau stâncoase, permițând supraviețuirea doar anumitor specii (de exemplu, salcia, tamariscul, dudul pe soluri saline, pinul negru pe pante stâncoase). Selecția incorectă a speciilor duce la eșec. Prin urmare, identificarea speciilor rezistente pentru soluri individuale dificile este o provocare tehnică. ICAS a elaborat ghiduri tehnice cu recomandări de specii în funcție de tipul de sol și de eroziune. Implementarea necesită cunoașterea condițiilor locale, iar disponibilitatea puieților potriviți este adesea o problemă logistică (de exemplu, sofora și viburnum sunt produse mai puțin frecvent în pepiniere). Prin urmare, provocarea este de a diversifica producția de puieți în funcție de regiune.

Specii și dăunători invazivi: Problemele fitosanitare apar odată cu plantările la scară largă. Pădurile existente suferă deja de uscarea masivă a unor specii (stejar, frasin) din cauza dăunătorilor și bolilor exacerbate de stresul climatic. În cazul plantărilor noi, o problemă semnificativă este specia invazivă cenușarul (*Ailanthus altissima*), care colonizează rapid terenurile abandonate și concurează cu speciile plantate. În mod similar, ambrozia și alte buruieni invazive reprezintă o concurență majoră pentru puieți dacă nu se practică îngrijirea la timp. Costurile combaterii speciilor invazive necesită muncă umană și, eventual, combaterea chimică. Animalele sălbatice (iepuri, căprioare) pot deteriora puieții în timpul iernii, iar animalele pot intra în plantațiile neîmprejmuite. Aceste provocări ecologice necesită o gestionare adaptivă și o atenție constantă din partea silvicultorilor.

Încălzirea globală și schimbarea compoziției speciilor: Pe termen mediu, schimbările climatice ar putea forța o regândire a compoziției viitoare a pădurilor din Moldova. Speciile care preferă condiții mai reci, cum ar fi fagul sau teiul, s-ar putea muta în zone mai mici, în timp ce speciile termofile (stejar, gârnița, mojdreanul) își pot extinde teritoriul. Se înregistrează deja o schimbare a zonelor ecologice - stejarul pedunculat slăbește în sud și este înlocuit de stejar pufos/stejar brumăriu sau salcâm. Plantarea astăzi înseamnă planificarea pentru condițiile climatice de peste 50-100 de ani. Provocarea este de a găsi un echilibru între speciile tradiționale, care pot fi amenințate de încălzire și speciile sau proveniențele noi din climatele mai calde din sud, care pot fi invazive sau nepotrivite. Prin urmare, programul testează 10 specii din străinătate cu potențialul de a se adapta la condițiile în schimbare (de exemplu, migdalul, gârnița, cerul, pinul negru). Rezultatele necesită o monitorizare atentă, este o decizie strategică într-un mediu necunoscut.

Fragmentarea habitatului și funcțiile ecosistemului: O altă provocare de mediu este maximizarea beneficiilor ecosistemice ale pădurilor noi. Împădurirea doar pentru câștiguri rapide (de exemplu, plantarea de salcâm în monocultură) înseamnă pierderea oportunității de a crea ecosisteme cu o biodiversitate mai mare. Biodiversitatea trebuie integrată în planificare - plantarea de specii mixte de arbori, crearea de coridoare care leagă pădurile noi de cele existente, conservarea zonelor umede

în cadrul unor blocuri mari de plantare. Pădurile tinere au nevoie, de asemenea, de biodiversitate pentru o dezvoltare sănătoasă (insecte polenizatoare, ciuperci micorizale etc.). Agenția Moldsilva, împreună cu ONG-urile de mediu, trebuie să se asigure că presiunea de a asigura cote ridicate de plantare nu duce la crearea de monoculturi. Programul pune accent pe evitarea monoculturilor pe terenurile degradate și favorizează amestecuri ecologice diverse, ceea ce este încurajator, dar implementarea depinde de capacitățile pepinierelor și de gestionarea terenurilor.

2.5.3. PROVOCĂRI ECONOMICE ȘI FINANCIARE

Costuri ridicate ale împăduririi. Împădurirea este o investiție pe termen lung și costisitoare. Estimările arată că plantarea a 1000 de puieți costă aproximativ 4241 lei (inclusiv material săditor și manopera). La o densitate de plantare de 5000 puieți/ha, costul materialului și al plantării pe hectar poate depăși 20.000 de lei. Costurile suplimentare includ îngrijirea puieților timp de 7 ani (minim 3 îngrijiri pe an, completarea, eventuală fertilizare sau irigare) care vor dubla sau chiar tripla costurile. PNERP a estimat bugetul total la aproximativ 740 de milioane de euro pentru 10 ani, reprezentând aproximativ 74 de milioane de euro pe an pentru împădurire, restaurare și măsuri conexe. Această sumă depășește semnificativ posibilitățile bugetului de stat al Republicii Moldova pentru sectorul forestier. Se preconizează că aproximativ 85% din fonduri vor fi acoperite din surse externe (granturi, împrumuturi). Provocarea este asigurarea unei finanțări continue. Până în prezent au fost mobilizate mai multe surse principale: un împrumut BEI de 200 de milioane de euro (din care 15 milioane de euro sub formă de grant), sprijin din partea AFD (Franța) pentru pepiniere, finanțare potențială din partea Băncii Mondiale, a României, a UE (de exemplu, prin inițiativa LIFE și a altora). Cursul de schimb valutar, inflația prețurilor combustibililor, creșterea prețurilor materialelor (de exemplu, puieții, echipamente tehnologice) și creșterile salariale pot duce la creșterea costurilor peste valorile planificate.

Sustenabilitatea economică a plantațiilor: Va fi necesară implementarea unor măsuri educaționale privind suprafețele plantate, iar după 10-20 de ani primele rădăcini. În prezent, există o discuție privind gestionarea acestor păduri. Una dintre alternative este ca aceste suprafețe să fie transferate în fondul forestier proprietatea statului (va crește suprafața totală a pădurilor de stat), ceea ce necesită alocarea de personal, un buget pentru pază, protecție etc. A doua alternativă este ca acestea să fie transferate în gestionarea administrațiilor locale (de exemplu, pentru nevoile municipalităților - lemne de foc pentru locuitorii locali). În ambele cazuri, este necesară regândirea modelului de afaceri al acestor păduri, altfel existând riscul ca după finalizarea proiectelor externe să nu se mai poată asigura gestionarea durabilă a acestor păduri.

Agenția Moldsilva are deja resurse financiare și umane limitate – administrează aproximativ 338.000 ha și are personal insuficient, o creștere bruscă de zeci de mii de hectare fără noi angajați ar fi o problemă. Prin urmare, provocarea economică este de a convinge autoritățile, că pădurile noi plantate au nevoie de investiții permanente, nu doar de plantări punctuale. O soluție ar putea fi înființarea unei părți din suprafețe ca plantații forestiere (de exemplu, plantații de salcie energetică sau salcâm în apropierea satelor), generând astfel venituri pentru a susține pădurile rămase. Conceptul de plantații forestiere a fost deja testat (există o pepinieră pilot pentru salcie energetică), dar trebuie extins.

Dependența populației de lemn și economia rurală slabă: Atâta timp cât majoritatea satelor folosesc lemn și cărbune pentru încălzire, cererea de lemn de foc va rămâne ridicată. Pădurile noi

pot acoperi doar parțial această cerere în viitor, dar până atunci există presiune asupra resurselor existente. Trebuie luate măsuri complementare: eficiență energetică în gospodării, alternative la lemn (brichete, gaz, electrificare). În plus, locuitorii au folosit adesea o mare parte din terenurile degradate ca pășuni sau pajiști. Împădurirea elimină aceste zone utilizate în scopuri agricole. Dacă nu li se oferă alternative (de exemplu, pășuni în altă parte sau lemn accesibil iarna din exploatarea forestieră locală), aceștia pot percepe negativ noile plantații. Au existat cazuri în care localnicii au distrus puieții plantați din cauza lipsei de pășuni sau alte conflicte locale. Prin urmare, provocarea este și socio-economică: obținerea sprijinului comunităților prin compensarea pierderilor pe termen scurt. Doar o îmbunătățire generală a economiei rurale va reduce această rezistență – de exemplu, dacă satele se dezvoltă economic și dependența de pășunatul extensiv scade, locuitorii vor accepta mai ușor conversia terenurilor în pădure cu beneficii pe termen lung.

Implementare și absorbție financiară: Agenția Moldsilva are experiență redusă în implementarea unor fonduri atât de mari și a unor proiecte multianuale complexe. Este necesară anunțarea achizițiilor publice pentru utilaje, contracte de lucrări (unele lucrări de împădurire sunt subcontractate), achiziționarea de puieți și din străinătate pentru speciile rare etc. Birocrația și transparența achizițiilor reprezintă provocări semnificative - orice întârziere în procese poate însemna pierderea unei perioade adecvate de plantare (împădurirea se efectuează doar toamna sau primăvara, așa că, dacă licitația din octombrie este ratată, următoarea oportunitate este abia peste un an). Prin urmare, s-a apelat la ajutorul instituțiilor financiare (de exemplu, BEI va supraveghea implementarea în cadrul finanțării sale). Cu toate acestea, absorbția fondurilor este un test major: este necesară o forță de muncă calificată pentru a efectua lucrări pe suprafețe mari într-un timp scurt. Dacă Agenția Moldsilva nu mobilizează suficienți oameni și resurse în cadrul campaniei, este posibil să nu fie posibilă utilizarea eficientă a fondurilor alocate pentru un anumit an, ceea ce ar pune presiune pe anii următori.

Rezumat:

Provocările menționate mai sus necesită soluții integrate. Din punct de vedere pozitiv, PNERP le recunoaște în mod explicit și planifică măsuri pentru fiecare domeniu (fie că este vorba de modificări legislative, investiții tehnice sau proiecte sociale). Implementarea acestor soluții va determina, în cele din urmă, dacă obiectivele ambițioase de împădurire pot fi atinse.

2.6. BUNE PRACTICI STABILITE ÎN DOMENIUL PEPINIERELOR ȘI ÎMPĂDURIRII

În ciuda provocărilor, ultimii ani au adus și o serie de bune practici și inovații în silvicultură care ar trebui evidențiate și extinse în viitor. Acestea sunt exemple pozitive care îmbunătățesc producția de puieți, implementarea plantării și cooperarea interinstituțională.

Planificare strategică pe termen lung: Aprobarea PNERP este în sine o bună practică în domeniul politicilor publice. Pentru prima dată, Republica Moldova are un plan integrat cu obiective cuantificate (145 mii ha, 15% suprafață împădurită etc.), cu un buget estimat și un plan de acțiune etapizat. Programul aduce continuitate și coerență, evitând abordarea ad-hoc din trecut (când împădurirea depindea de inițiative aleatorii). Programul abordează în mod cuprinzător totul, de la pepiniere până la protecția pădurilor.

Parteneriatul Agenția „Moldsilva” – Administrația Publică Locală: Implicarea a sute de administrații locale în împădurire este un succes semnificativ. Cooperarea silvicultorilor cu autoritățile locale a permis identificarea rapidă a miilor de hectare pentru împădurire și implicarea comunităților în activități. Reprezentanții administrației locale devin astfel colaboratori în domeniul împăduririi, nu adversari ai acesteia. Modul în care Agenția „Moldsilva” implementează campanii locale de informare, dialogul direct cu reprezentanții aleși și locuitorii, obținând astfel sprijin, este, de asemenea, o bună practică. Acest model de parteneriat între instituțiile publice poate fi aplicat și în alte domenii (de exemplu, gestionarea pășunilor comunale).

Campania “Generația Pădurii”. Campania “Generația Pădurii” în fiecare toamnă și primăvara este o bună practică de mobilizare civică. Sute/mii de voluntari, angajați ai instituțiilor statului, studenți și ONG-uri plantează simultan puieți în toată țara. Acest lucru nu numai că reduce costurile (munca voluntară), dar creează și o conștientizare publică detaliată. Personalități proeminente participă, de asemenea, la acțiuni. Publicul devine astfel mai înclinat să protejeze pădurile noi. O bună practică este prezența mass-media și o acoperire mediatică intensivă a temei pădurilor, ceea ce plasează această problemă în prim-planul agendei publice într-un mod pozitiv.

Transparență și monitorizare digitală: Crearea unei hărți online interactive a împăduririlor planificate și implementate este un exemplu de transparență guvernamentală și implicare publică. Fiecare cetățean poate vedea pe hartă unde are loc plantarea, cine este responsabil pentru aceasta și care este suprafața. Punctele de pe hartă sunt actualizate continuu (Agenția „Moldsilva” a început să publice imagini din satelit care indică starea sectoarelor în roșu sau verde). Această practică limitează rapoartele false - dacă harta indică faptul că o secțiune este împădurită, oricine poate verifica acest lucru la fața locului sau cu drona. În plus, interfața permite voluntarilor să aleagă o locație pentru a participa la plantare. Astfel, Moldova s-a alăturat tendinței globale de utilizare a tehnologiilor GIS pentru urmărirea angajamentelor de mediu (similar cu Global Forest Watch, dar la nivel național).

Ghiduri și standarde tehnice actualizate: În ultimii ani, ICAS a produs o serie de ghiduri și cataloage utile: ghiduri pentru restaurarea perdelelor forestiere, un ghid de bune practici agro-silvice, recomandări pentru diferite tipuri de habitat (degradat, alunecări de teren, salin etc.). Aceste documente, disponibile online, reprezintă bune practici, deoarece unifică metodologia și diseminează cunoștințele științifice în rândul profesioniștilor. Acestea conțin, de exemplu, liste specifice de specii potrivite pentru diferite situații - informații foarte valoroase pentru inginerii silvici care pregătesc sau implementează proiecte de împădurire. Standardizarea procedurilor (de exemplu, o schemă de plantare de 1 m × 3 m pentru un anumit tip de parcelă) duce la o calitate mai uniformă a lucrărilor.

Cooperare și certificare internațională: A fost inițiată cooperarea cu organizații internaționale din domeniul silviculturii. De exemplu, discuțiile cu Serviciul Forestier al SUA au vizat schimbul de experiență în gestionarea focarelor de dăunători și a reîmpăduririi, iar cooperarea moldo-română a adus experți din România pentru consultanță (România are programe extinse de reîmpădurire, de corectare a torenților, de planare a perdelelor forestiere de protecție a câmpurilor agricole etc.). Agenția „Moldsilva” a explorat, de asemenea, posibilitatea introducerii certificării internaționale (de exemplu, standardul FSC) pentru fondul forestier - atunci când noile plantații ajung în stadiul de exploatare, certificarea va asigura gestionarea durabilă a acestora. Această orientare către standarde recunoscute la nivel global reprezintă o bună practică care poate atrage și piețe de calitate superioară pentru produsele forestiere moldovenești. În cadrul cooperării cu Slovacia (Centrul Național Silvic) a fost implementat un proiect (2022-2024), care vizează creșterea gradului de conștientizare a importanței gestionării durabile a pădurilor și transferul de cunoștințe în domeniul reîmpăduririi și monitorizării pădurilor. Un alt proiect este implementat în perioada 2024-2026, care se concentrează pe introducerea metodelor inovatoare de restaurare a pădurilor în practica silvică din Moldova.



Foto 2.1. Vizita experților moldoveni la deschiderea Zilelor Silvice de la Zvolen (aprilie 2023)



Foto 2.2. Vizită tehnică de documentare a experților moldoveni în Parcul Național Carstul Slovac (iulie 2025)

Abordare integrată a restaurării ecologice: Metodele combinate de restaurare au fost testate cu succes în zone pilot (de exemplu, în rezervații naturale): rădări grupate, restaurare naturală asistată combinată cu plantări suplimentare etc. Aceste metode se bazează pe principiile managementului forestier apropiat de natură - de exemplu, o reprezentare adecvată a speciilor iubitoare de lumină și de umbră sau a arborilor cu sisteme radiculare adânci și superficiale, pentru a imita compoziția naturală a pădurii. Acolo, unde au fost aplicate aceste intervenții, pădurile restaurate sunt mai rezistente și necesită mai puțină întreținere. Aceste practici sunt acum incluse în standardele tehnice și sunt extinse treptat.

Conștientizare și educație ecologică: ONG-uri precum Seed It Forward și Plantăm fapte bune în Moldova au organizat campanii privind practicile adecvate de plantare (de exemplu, când și cum se plantează puieți cu rădăcină nudă), subliniind totodată importanța îngrijirii ulterioare a plantațiilor. Moldsilva susține, de exemplu, campania „Păduri fără corupție” prin comunicate de presă. Toate aceste activități creează un mediu propice implementării programului cu sprijin public.

Noile bune practici demonstrează o schimbare de paradigmă: de la acțiuni sporadice și slab coordonate, la planificare strategică și colaborare amplă; de la tehnici empirice la muncă bazată pe știință și digitalizare; de la închidere instituțională la transparență și implicare publică. Continuarea și dezvoltarea acestor practici va crește semnificativ șansele Republicii Moldova de a-și transforma ambițiile de împădurire în realitate.

2.7. SONDAJ PRIVIND EDUCAȚIA CONTINUĂ A LUCRĂTORILOR PROFESIONIȘTI DIN DOMENIUL SILVICULTURII

O condiție prealabilă esențială pentru îndeplinirea sarcinilor definite în PNERP este calificarea suficientă a angajaților din domeniul silviculturii. Aceste cerințe evidențiază faptul că îndeplinirea unor sarcini specifice necesită cunoștințe și abilități noi pe care angajații ar putea să nu le posedă la un nivel suficient.

Unul dintre obiectivele proiectului „Susținerea gestionării durabile a pădurilor în Moldova prin metode inovatoare în împădurire” este, de asemenea, creșterea nivelului de educație și conștientizare privind gestionarea pădurilor și adaptarea la schimbările climatice. Pentru atingerea acestui obiectiv, a fost realizat un sondaj prin chestionar pentru a identifica preferințele și nevoile de educație profesională continuă în sectorul silvic din Republica Moldova.

Chestionarul a avut ca scop identificarea nevoilor și preferințelor pentru formarea profesională continuă în domeniul silviculturii în Republica Moldova. La acesta au participat 50 de respondenți, majoritatea din Agenția „Moldsilva” (80%).

Profilul respondentului:

- Majoritatea au fost bărbați (62%), grupa de vârstă 40-49 de ani fiind dominantă.
- Profesiile cel mai frecvent reprezentate: silvicultor (40%) și lucrător administrativ (36%).
- Cel mai frecvent nivel de educație: studii universitare de nivel primar (46%) și studii secundare în domeniu (32%).

Atitudini față de educația ulterioară:

- Circa 82% consideră că formarea profesională suplimentară este importantă pentru calitatea muncii.
- Circa 82% dintre respondenți nu au participat încă la cursuri de formare profesională ulterioară
- Metoda preferată de învățământ: excursii profesionale (80%).

- Cei mai mulți preferă cursurile mai lungi (mai mult de 5 zile) și instruirea practică (66%).
- Surse de informare: cel mai adesea colegii mai în vârstă/cu mai multă experiență (92%), internet (30%), publicații de specialitate (26%).

Priorități tematice ale educației continue:

- Silvicultură (86%).
- Gestionarea pădurilor (50%).
- Regenerarea pădurilor – în principal regenerare artificială (90%), gestionarea pepinierelor forestiere (48%) și regenerare naturală (36%).
- Subiecte economice în silvicultură (6%).
- Consultanță silvică (2%).

Finanțarea educației:

- Circa 42% dintre respondenți sunt dispuși să își finanțeze singuri educația, alți 36% - parțial.
- Majoritatea așteaptă sprijin din partea angajatorului (84%) și a statului (84%).

Comentarii suplimentare din partea respondenților:

- Nevoia de coordonare cu departamentul economic.
- Accent pe învățarea practică și bazată pe demonstrații.

Recomandări pentru dezvoltarea programelor de formare profesională în sectorul forestier, fundamentate pe rezultatele sondajului

Analiza rezultatelor sondajului evidențiază necesitatea adaptării programelor de formare profesională continuă la cerințele actuale ale sectorului forestier și la provocările generate de schimbările climatice, degradarea ecosistemelor și modernizarea practicilor de administrare silvică. În acest context, se formulează următoarele recomandări:

1. Orientarea conținutului programelor de formare

Rezultatele sondajului indică necesitatea concentrării programelor de instruire asupra disciplinelor fundamentale ale silviculturii, cu accent pe gospodărirea durabilă a pădurilor, reconstrucția ecologică a ecosistemelor forestiere și aplicarea tehnologiilor moderne de regenerare a pădurilor.

O atenție deosebită se recomandă a fi acordată regenerării artificiale a pădurilor, managementului pepinierelor forestiere și producerii materialului forestier de reproducere, domenii considerate prioritare de către respondenți. Totodată, curricula trebuie să includă și aspectele privind regenerarea naturală a arboretelor, ca element esențial al gestionării durabile și al sporirii rezilienței ecosistemelor forestiere.

Având în vedere responsabilitățile manageriale ale personalului de conducere din sectorul forestier, se recomandă includerea unor module dedicate managementului organizațional, economiei forestiere, planificării financiare și administrării eficiente a resurselor. În egală măsură, programele de formare ar trebui să integreze dezvoltarea competențelor transversale, precum comunicarea instituțională, managementul echipelor, leadershipul și managementul conflictelor. Aceste competențe sunt apreciate de majoritatea respondenților ca fiind indispensabile pentru creșterea eficienței activităților de administrare și coordonare în domeniul silvic.

2. Diversificarea formelor și metodelor de instruire

Rezultatele cercetării demonstrează preferința clară a participanților pentru metode de instruire bazate pe experiență practică și învățare aplicativă. În acest sens, se recomandă organizarea periodică a excursiilor profesionale, vizitelor de studiu și demonstrațiilor în teren, care permit

observarea directă a tehnologiilor silvice și facilitarea schimbului de bune practici între specialiști.

În context, se recomandă acordarea priorității programelor de formare cu durată extinsă, orientate spre dezvoltarea competențelor practice și aplicarea cunoștințelor în condiții reale de producție. Componenta teoretică urmează să fie integrată în mod echilibrat cu activitățile practice, astfel încât procesul de învățare să răspundă necesităților profesionale ale participanților.

De asemenea, se recomandă valorificarea experienței profesionale existente în cadrul sectorului forestier prin dezvoltarea unor programe instituționalizate de mentorat, instruire reciprocă și schimb de experiență între specialiști, contribuind astfel la transferul de cunoștințe și consolidarea capacităților profesionale.

3. Consolidarea mecanismelor de finanțare și motivare a participării

Datele sondajului relevă faptul că resursele financiare limitate constituie unul dintre principalele obstacole în accesarea programelor de formare profesională continuă. În consecință, se recomandă consolidarea mecanismelor de cofinanțare din partea angajatorilor și a autorităților publice, în vederea reducerii poverii financiare suportate de participanți și asigurării unui acces echitabil la instruire.

Totodată, se impune dezvoltarea unor mecanisme eficiente de stimulare a participării la programele de perfecționare profesională. Acestea pot include recunoașterea oficială a competențelor dobândite prin certificate acreditate, integrarea rezultatelor instruirii în sistemele de evaluare și promovare profesională, precum și acordarea unor stimulente financiare sau nefinanciare care să încurajeze dezvoltarea continuă a personalului silvic.

În ansamblu, implementarea acestor recomandări va contribui la modernizarea sistemului de formare profesională din sectorul forestier al Republicii Moldova, la consolidarea competențelor specialiștilor și la creșterea capacității instituționale pentru aplicarea principiilor gospodăririi durabile a pădurilor și adaptarea managementului forestier la provocările actuale și viitoare.

3.1. ANALIZA STĂRII ACTUALE A PRODUCERII MATERIALULUI SĂDITOR FORESTIER ÎN SLOVACIA

Suprafața pepinierelor forestiere în 2024 în Slovacia a fost de 523 ha, iar suprafața lor de producție a fost de 357 ha (Green Report, 2025). Pe aceste suprafețe au fost cultivate 153,8 milioane de puietri, dintre care 74,8 milioane în sectorul nestatal și 79,0 milioane în sectorul statal. Numărul mediu de puietri la hectar de suprafață de producție a fost de 430,8 mii.

În anul 2024, regenerarea pădurilor a fost efectuată pe o suprafață de 10.286 ha sau cu 2,3% mai mult decât în 2023, dar cu până la 35,3% mai puțin decât în 2015. Scăderea este legată în principal de tendința de reducere a recoltării lemnului în anii 2020-2023 și de creșterea exploatărilor forestiere în caz de calamități în 2024. Regenerarea artificială (6.391 ha) a predominat cu o pondere de 62,1%. Regenerarea naturală a fost înregistrată pe o suprafață de 3.895 ha, sau 37,9%, ceea ce corespunde tendinței observate în ultimii aproximativ 15-20 de ani.

Creșterea ponderii regenerării pădurilor naturale rezultă în principal din direcționarea Agenției de Management a Pădurilor din Republica Slovacă către o gestionare prietenoasă cu natura. Pregătirea solului și a zonelor de acoperire forestieră pentru regenerarea naturală a fost efectuată pe o suprafață de 7.841 ha în 2024, cu 1.513 ha mai mult decât în 2023.

3.2. MATERIAL SĂDITOR CU RĂDĂCINA PROTEJATĂ – MOTIVE PENTRU UTILIZARE, ISTORICUL UTILIZĂRII PUIEȚILOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE, DEFINIȚII DE BAZĂ

Regenerarea artificială a pădurilor este unul dintre cele mai costisitoare elemente din cadrul managementului forestier. Costurile medii ale regenerării artificiale a pădurilor au ajuns la 2.371 EUR/ha în 2024 (Green Report, 2025). Prin urmare, este necesar să se utilizeze la maximum potențialul de regenerare naturală a habitatului și a arboretelor forestiere adecvate din punct de vedere genetic. Această metodă de regenerare este cea mai eficientă din punct de vedere financiar și, de asemenea, cel mai potrivit instrument pentru conservarea unui fond genetic adecvat de arbori forestieri. Pe de altă parte, este evident că și utilizarea regenerării naturale a pădurilor are limitele sale.

Pe lângă creșterea ponderii exploatărilor forestiere în caz de calamități, regenerarea pădurilor este afectată negativ și de alți factori. În primul rând, acestea sunt extremele meteorologice. Mai ales primăvara, când se concentrează cea mai mare parte a lucrărilor legate de regenerarea artificială a pădurilor, există fluctuații mari de temperatură și precipitații neuniforme.

Alți factori negativi sunt agenții abiotici dăunători – înghețurile timpurii (toamna) și târzii (primăvara), care afectează lăstarii terminali din culturile forestiere instalate. Acești agenți dăunători se manifestă cu intensitate sporită în principal pe suprafețe extinse, unde condițiile microclimatice ale mediului s-au modificat.

Factorii biotici dăunători includ în principal daunele provocate de animale și apariția factorilor dăunători entomologici.

Pe termen scurt și mediu, este posibil să ne așteptăm la o deteriorare a condițiilor naturale (schimbări climatice), ceea ce va impune costuri sporite pentru gestionarea pădurilor și pentru regenerarea artificială a pădurilor.

Pentru succesul regenerării artificiale, este în primul rând necesar să se asigure cu material forestier de reproducere de calitate. Siguranța în sine se evaluează pe baza reușitei. Parametrul decisiv este starea sistemului radicular, în special capacitatea de a dezvolta rădăcini noi și, astfel, de a asigura aportul de nutrienți și apă pentru plante. Sistemul radicular (în special rădăcinile fine) este mai sensibil la deteriorări fiziologice în comparație cu partea supraterană. Prin urmare, este necesar să ne concentrăm asupra acelor măsuri care pot reduce șocul realocării.

După efectuarea lucrărilor de plantare, este necesar să se acorde atenție lucrărilor de îngrijire. În primii ani de la plantare, vegetația instalată este expusă unei presiuni concurențiale mari din partea buruienilor și a altor agenți dăunători. Factorul decisiv pentru reușită bună este asigurarea unei creșteri rapide în înălțime.

Stabilitatea și creșterea mai rapidă a culturilor forestiere pot fi asigurate, printr-o procedură tehnologică selectată corespunzător, prin utilizarea de material săditor cu rădăcină protejată. Avantajele utilizării acestui tip de material săditor în comparație cu materialul săditor cu rădăcini nudă constau în principal în:

- scurtarea sezonului de creștere;
- randament mai mare la prindere;
- posibilitățile de reglare a condițiilor de mediu;
- operaționalitate în ceea ce privește cererea actuală;
- un număr mai mic de material săditor pe hectar;
- costurile totale până la momentul constituirii stării de masiv sunt mai mici decât în cazul puieților cu rădăcina nudă.

Pe de altă parte, dezavantajele includ:

- costuri mai mari a materialului forestier de reproducere;
- cerințe mai mari privind echipamentele tehnologice și personalul din pepiniera forestieră.
- Prin urmare, este necesar de abordat problema creșterii puieților cu rădăcina protejată în mod cuprinzător și de luat în considerare toți factorii.

Evoluția utilizării materialului săditor forestier cu rădăcini protejate în practica silvică mondială

Prima utilizare la scară largă a puieților cu rădăcina protejată a avut loc în anii 1930 în SUA, ca parte a Proiectului Great Plants Forestry. Celulele de hârtie au fost folosite ca ambalaje. Dezvoltarea ulterioară a tehnologiei de creștere a puieților în container pentru arbori forestieri este asociată cu utilizarea materialelor plastice pentru containere (în principal, în Canada).

În Europa, la sfârșitul anilor 1960, țările scandinave au fost pionierii în introducerea acestei tehnologii de creștere a materialului săditor. Pe lângă numeroasele avantaje, au fost identificate și deficiențe semnificative în timpul utilizării materialului săditor cu rădăcina protejată. Acestea au fost în primul rând deformări ale sistemului radicular datorate utilizării unor tipuri de containere nepotrivite. Aceste deformări au fost observate în principal la prima generație de containere (containere cu pereți netezi), ceea ce a cauzat ondularea rădăcinilor în timpul creșterii puieților în pepiniera forestieră, ceea ce, de exemplu, a avut un impact negativ asupra stabilității insuficiente a arboretelor de pin (Lindström, 1998).

Problemele legate de ondularea rădăcinilor au fost parțial rezolvate la sfârșitul anilor 1970 prin utilizarea containerelor cu nervuri interne (Lindström și Håkansson, 1995). Introducerea unor noi tipuri de containere cu fante verticale a contribuit la o îmbunătățire semnificativă a calității sistemului radicular al materialului săditor. Aceste fante permit creșterea laterală a rădăcinilor după plantare și, prin urmare, un „sistem radicular mai natural” (Rune, 2003).

Rezumat:

- Pentru succesul regenerării artificiale a pădurilor, este necesar în primul rând să se asigure siguranța materialului săditor.
- Siguranța și creșterea mai rapidă a culturilor forestiere pot fi asigurate prin utilizarea de material săditor cu rădăcina protejată, cu un proces tehnologic selectat corespunzător.
- Prima utilizare a fertilizării foliare la scară mai mare a avut loc în anii 1930 în SUA.

3.3. AMPLASAREA UNEI PEPINIERE FORESTIERE PENTRU CULTIVAREA MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

În regiunea Europei Centrale, pepinierele sunt dedicate cultivării materialului săditor cu rădăcini protejate, care sunt, de asemenea, dedicate cultivării materialului săditor cu rădăcina nudă pentru lucrări forestiere. Cu toate acestea, cerințele impuse unei pepinieri forestiere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate și cu rădăcini nude sunt foarte diferite (**Tabelul 3.1.**). Factorul decisiv care determină tipul de material săditor cultivat este interesul pieței.



Fig. 3.1. Folie de protecție pentru creșterea materialului săditor cu rădăcini protejate (Foto: Sarvaš)



Fig. 3.2. Sectorul pepinierii destinat producerii materialului săditor forestier cu rădăcini nude (Foto: Sušková)

Tabelul 3.1. Factorii care influențează alegerea tipului de pepinieră pentru cultivarea materialului săditor
(Landis și colab., 1992, 1995)

Factor	Pepinieră pentru creșterea puieților cu rădăcină protejată	Pepinieră pentru creșterea puieților cu rădăcină nudă
Altitudinea/durata sezonului de creștere	Mai potrivit pentru zone cu un sezon de creștere mai scurt/ altitudine mai mare	Mai potrivit pentru zone cu un sezon de creștere mai lung/ altitudine mai mică
Investiția inițială	Costuri mai mici pentru teren; costuri mai mari pentru echipamente tehnologice	Costuri mai mari pentru teren, costul echipamentelor tehnologice depinde de nivelul acestora
Dimensiunea parcelei	Producție mai mare pe unitatea de suprafață	Cerințe mai mari privind dimensiunea parcelei
Calitatea solului	Nu este important.	Factorul decisiv – proprietăți fizice și chimice adecvate
Cantitatea de apă	Cantitate mai mică	Cantitate mai mare
Calitatea apei	Calitate suficientă necesară, posibilitatea tratamentului chimic	Necesitatea unei calități adecvate a apei
Forță de muncă	Mai puține cerințe, dar o forță de muncă mai calificată	Cerințe mai mari privind cantitatea de forță de muncă
Echipamente tehnologice	Depinde de tehnologiile specifice	Depinde de tehnologiile specifice
Calitatea semințelor	Cerințe de calitate foarte ridicate a semințe	Cerințe mai mici
Timp de producție	6-24 luni	1 – 5 ani
Factori nocivi	Risc mai mic de deteriorare cauzată de agenți abiotici dăunători, risc mai mic de agenți biotici dăunători atunci când se utilizează medii sterile	Risc crescut de agenți abiotici dăunători
Micoriza	Trebuie să fie furnizat artificial	Apariție naturală în sol
Spații de depozitare	Cerințe mai mari dacă este necesară depozitarea în timpul iernii	Mai puține cerințe
Manipulare	Materialul de plantare cu rădăcină protejată este mai tolerant la deteriorare	Susceptibilitate mai mare la deteriorare a materialului săditor cu rădăcina nudă
Transport	Materialul de plantare cu rădăcini protejată este mai voluminos și mai greu	Materialul cu rădăcini nudă este mai ușor
Plantare	Mai puțin șoc la transplant cu material de plantare cu rădăcini protejată	Șoc de transplant mai mare cu material de plantat cu rădăcina nudă
Epoca de plantare	Timp de plantare mai lung pentru material săditor cu rădăcina protejată	Perioadă de timp mai scurtă pentru material de plantat cu rădăcina nudă

Atunci, când se alege amplasamentul unei pepiniere forestiere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată, este necesar să se țină cont de mai multe aspecte, care pot fi împărțite în factori primari (decisivi) și secundari.

Factori primari:

- suficientă lumină solară – pepiniera trebuie amplasată astfel încât să existe suficientă lumină în timpul sezonului de creștere. Este mai ușor și mai ieftin să se asigure umbră (dacă este necesar) decât să se asigure suficientă lumină cu iluminare artificială;
- calitatea și cantitatea apei – plantele cu rădăcini pivotante au rezerve foarte mici de apă în zona radiculară, care se evaporă mai repede la temperaturi mai ridicate, așa că este necesar să se asigure o irigare regulată, care servește și ca funcție de răcire pe vreme caldă. Factorii decisivi în calitatea apei sunt prezența sedimentelor (material anorganic – necesitatea adăugării de filtre) și proprietățile chimice ale apei (duritatea apei, conținutul de sare din apă);
- surse de energie disponibile – cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejată necesită energie electrică și, prin urmare, este necesar să se calculeze o cantitate și un consum de energie suficiente, având în vedere și extinderea viitoare a producției. O sursă de energie de rezervă este o condiție prealabilă în cazul întreruperilor de curent pe termen scurt;
- suprafață suficientă – atunci când se planifică amplasarea pepinierii, este necesar să se țină cont de orice posibilă extindere a producției în viitor;
- risc potențial de contaminare a apei și a solului – producția de material săditor cu rădăcina protejată este strâns legată de utilizarea pesticidelor și îngrășămintelor. Acești factori trebuie luați în considerare, în special, dacă pepiniera forestieră este situată în apropierea surselor de apă care ar putea fi utilizate ca surse de apă potabilă în viitor.

Factori secundari:

- microclimat adecvat – pepinierele ar trebui amplasate în locuri protejate de temperaturi extreme și vânt;
- topografie adecvată a terenului – terenul relativ plat reduce costurile necesare pentru pregătirea terenului înainte de construcție;
- forță de muncă suficientă – succesul cultivării materialului săditor cu rădăcina protejată depinde și de calitatea și forța de muncă suficientă;
- accesibilitate – pentru transportul materialelor necesare cultivării este necesar să existe drumuri de acces de dimensiuni adecvate, practicabile tot timpul anului;
- distanța până la clienți – este necesară adaptarea transportului pentru transportarea la distanță (utilizarea transportului cu aer condiționat).

Rezumat:

- Există diferențe mari între cerințele privind echipamentele pepinierelor forestiere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcină protejată și cu rădăcina nudă;
- Factorii decisivi în amplasarea unei pepiniere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejată includ: lumina naturală, calitatea și cantitatea apei, electricitatea suficientă și accesibilă, zona, riscul de contaminare a solului și a apei;
- Factorii secundari la amplasarea unei pepiniere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată includ: microclimat adecvat, topografie adecvată a terenului, forță de muncă suficientă și calificată, accesibilitate, distanța față de clienți.

3.4. ECHIPAMENTE PENTRU CULTIVAREA MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

Cerințele de echipamente tehnologice ale unei pepiniere forestiere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată sunt semnificativ diferite de cele ale unei pepiniere pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina nudă. Prima condiție prealabilă pentru o cultivare reușită (din punct de vedere al eficienței economice) este concentrarea și specializarea producției. Conform lui Šmelková și colab. (2001), echipamentul de bază pentru cultivarea acestora include:

Hala de producție:

Se folosește pentru umplerea substratului în containere și semănat. Împărțirea spațială a hali trebuie amenajată în funcție de tehnologia utilizată, iar suprafața acesteia trebuie să țină cont și de producția planificată + zona de rezervă pentru o posibilă extindere a producției în viitor. La proiectarea hali de producție, este necesar să se aloce spațiu pentru o suprafață suficientă pentru containere și substrat (capacitatea acestora trebuie să fie suficientă pentru cel puțin 24 de ore).

În pepinierele actuale este încă posibil să se găsească o cameră de pregătire a substratului, care servește la pregătirea propriilor substraturi. Datorită omogenității substraturilor, este mai avantajos să se achiziționeze direct un substrat cu compoziția fizică și chimică necesară. Pregătirea substraturilor în pepinieră este foarte dificilă și poate cauza probleme în cultivarea ulterioară a materialului săditor.

Huse din polietilenă:

Învelișurile din polietilenă sunt cel mai frecvent utilizate pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcină nudă. Serele sunt utilizate în principal pentru cultivarea materialului săditor ornamental (înmulțire vegetativă).



Fig. 3.3. Seră din folie de polietilenă cu ventilație laterală (Foto: Sarvaš)

Zone pentru depozitarea materialului de plantare cu rădăcina protejată (depozitare). După creșterea în adăposturi, materialul săditor cu rădăcina protejată este plasat într-o zonă de depozitare. Aceasta trebuie să aibă lungimea corespunzătoare a materialului săditor. Dacă materialul săditor urmează să fie depozitat într-o zonă de depozitare pe timpul iernii, este necesar să se asigure protecția acestuia, în special împotriva efectelor temperaturilor scăzute și a vântului. Zona în sine trebuie să fie consolidată și amenajată astfel încât să se asigure transferul fără probleme din zona de creștere la zona de depozitare și ulterior transportul materialului săditor din pepiniera forestieră. O premisă esențială este construirea unei instalații de irigații, care va asigura o cantitate suficientă și uniformă de apă pentru materialul săditor.



Fig. 3.4. Depozit (Foto: Sarvaš)

Atunci când se cultivă material săditor cu rădăcina protejată, scopul este de a obține material săditor de calitate care să îndeplinească cerințele clientului. Comparativ cu cultivarea materialului săditor cu rădăcina nudă, este posibil să se controleze condițiile de mediu folosind echipamente tehnice, creând astfel condiții mai favorabile pentru cultivarea materialului săditor. În funcție de posibilitatea de a controla factorii individuali de mediu, cultivarea materialului săditor în sine poate fi împărțită în următoarele tipuri: complet controlată, parțial controlată, minim controlată.

Tip complet controlat. Atunci, când se utilizează acest tip de cultivare, este posibil să se controleze și să se ajusteze toți factorii la nivelul optim și, astfel, să se cultive material săditor pe tot parcursul anului. Este potrivit pentru aproape toate tipurile de climă, iar riscul de deteriorare a materialului săditor cultivat este foarte scăzut. Dezavantajul său îl reprezintă costurile ridicate de investiții și de operare. În cadrul acestui tip de cultivare se utilizează camere de creștere, al căror principal avantaj este posibilitatea controlului complet al parametrilor luminii (durată, intensitate, calitate). Utilizarea acestui tip este în principal în scopuri de cercetare sau pentru producerea de specii rare în cantități mai mici.



Fig. 3.5. Cameră de creștere cu control complet al condițiilor de lumină și temperatură (Foto: Sarvaș)

Tip parțial controlat. În cadrul acestui tip de cultivare, este posibil să se controleze doar anumiți factori selectați ai mediului extern, astfel încât perioada de producție este scurtată din primăvară până la începutul toamnei. Acest tip de cultivare este asociat în principal cu utilizarea serelor.

Tip minimal controlat. Acest tip de cultivare necesită cele mai mici costuri de investiție și operare și se caracterizează prin faptul că materialul săditor cu rădăcina protejată este cultivat tot timpul într-o zonă deschisă, iar durata fotoperioadei (prin adăugarea de iluminat artificial), regimul hidric și conținutul de nutrienți pot fi controlate. Un dezavantaj major al acestui tip de cultivare este riscul ridicat de deteriorare cauzată de factori abiotici dăunători (ploi torențiale, grindină, îngheț etc.).

Rezumat:

- Condiția de bază pentru cultivarea cu succes a materialului săditor cu rădăcina protejată (eficiență economică) este concentrarea și specializarea producției;
- Cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată este caracterizată de cerințe ridicate privind echipamentele tehnice și tehnologice;
- Conform posibilității de control al factorilor individuali de mediu, cultivarea materialului săditor în sine poate fi împărțită în următoarele tipuri: complet controlată, parțial controlată, minim controlată.

3.5. STRUCTURI DE PROTECȚIE PENTRU PRODUCEREA MATERIALULUI SĂDITOR FORESTIER CU RĂDĂCINI PROTEJATE

Structuri de protecție creșterea puieților cu rădăcina protejată pot avea diferite dimensiuni și forme, dar pot fi clasificate în general în funcție de forma exterioară, materialul utilizat pentru acoperire (folie, seră) și dacă sunt independente sau conectate.

Funcția de bază a structurii este de a capta la maximum lumina soarelui și de a proteja materialul săditor de influențele adverse ale mediului și de a crea factori de mediu optimi pentru creșterea materialului săditor cu rădăcina protejată.

Forma exterioară aleasă a învelișului depinde în primul rând de condițiile meteorologice, unde în zonele mai reci se alege o formă cu geam mai înalt datorită topirii mai ușoare a zăpezii. La planificarea și construirea învelișului în sine, este necesar să se acorde atenție alegerii și orientării învelișului, structurii de susținere și alegerii unei acoperiri adecvate.

La amplasarea adăpostului, este necesar să se evite locațiile cu pericol de îngheț (timpuriu de toamnă și târziu de primăvară) și să se țină cont și de riscul de inundații și de direcția vânturilor predominante (amplasare adăpost cu fața spre direcția vânturilor predominante).

Alegerea tipului de pardosea este rezultatul unui compromis între cerințele biologice și posibilitățile financiare. În ceea ce privește posibilitatea eliminării factorilor nocivi, cea mai bună soluție este o podea solidă din beton, care poate elimina și contaminarea apelor subterane prin preparatele chimice utilizate în pepinieră. Pe de altă parte, această soluție este solicitantă din punct de vedere financiar și, prin urmare, se fac compromisuri (alei de beton în mijloc). Nu se recomandă lăsarea solului ca podea.

Structura de susținere are sarcina de a susține capacul cu ecranare cu pierderi de căldură minime și permițând o bună accesibilitate și manipulare în interior. Folia este utilizată predominant pentru acoperirea și are următoarele proprietăți:

- greutate redusă;
- durabilitate;
- o transmisie suficientă a luminii;
- proprietăți izolatoare bune;
- conectare solidă și rapidă a pieselor individuale;
- condensare minimă a apei;
- preț accesibil.

Printre factorii de mediu controlați în interior, următorii sunt cruciali:

► Temperatura

Temperatura are un impact direct asupra metabolismului plantei, deoarece nivelul reacțiilor biochimice crește odată cu temperatura. Cu toate acestea, după depășirea nivelului optim, metabolismul plantei scade. Efectul temperaturii asupra creșterii părților individuale ale plantei este foarte diferit. Prin urmare, este important să se acorde atenție nu numai temperaturii aerului, ci și temperaturii din zona sistemului radicular. Temperatura optimă depinde de faza de creștere, iar temperatura optimă a aerului este cuprinsă între 15-25°C. În timpul germinării, temperatura aerului nu trebuie să depășească 25°C, iar în fazele ulterioare de creștere să nu depășească 35°C. Temperatura optimă în zona sistemului radicular este de 17-25°C.

Atingerea și menținerea temperaturii optime depinde direct de echipamentul tehnologic și materialul de izolare. În cadrul cultivării în condiții complet controlate, este posibilă reglarea temperaturilor în ambele direcții (încălzire, răcire). În condiții de mediu parțial controlat, atenția se concentrează, în principal, pe reducerea temperaturii prin umbrire sau ventilație.

Problema ventilației este deosebit de importantă vara, când se acumulează o cantitate mare de energie luminoasă, care poate avea un efect negativ asupra creșterii materialului săditor. Cea mai simplă modalitate de a reduce temperatura este deschiderea capacului (uși sau deschideri laterale). Această metodă de ventilație se bazează pe principiul conform căruia aerul cald, mai ușor, părăsește prin deschidere și este înlocuit cu aer rece, mai greu. Această metodă de ventilație este influențată de patru factori: forma capacului, amplasarea orificiilor de ventilație, viteza și direcția vântului și diferența de temperatură dintre temperaturile exterioare și interioare.



Fig. 3.6. Ventilație prin deschiderile acoperișului (Foto: Sarvaș)

În general, metoda de ventilație prin deschiderea prelatei este mai potrivită pentru prelate mai înalte. În cazul în care viteza vântului depășește 10 km/h, deschiderile de ventilație de pe partea direcției de vânt a serei trebuie deschise cât mai mult posibil și, invers, deschiderile de ventilație de pe partea opusă vântului a acoperișului trebuie să rămână închise. Acest lucru asigură un schimb de aer mai rapid. Utilizarea acestui tip de ventilație este eficientă dacă temperatura aerului exterior nu depășește 38°C (Landis și colab., 1990).

O metodă mai eficientă de ventilație este utilizarea ventilatoarelor. În acest caz, este posibil să se asigure un schimb de aer mai rapid, dar, pe de altă parte, acest sistem este mai scump. Reducerea temperaturii în perioada de vară poate fi asigurată și prin umbrire. Pe de altă parte, această metodă determină un nivel redus de radiație solară, ceea ce poate avea un impact negativ asupra creșterii, în unele cazuri, în special, asupra sistemului radicular (Barnett, 1989).

Pe lângă reducerea temperaturii pe timpul verii, este necesar să se asigure o temperatură optimă, în special, primăvara în timpul semănatului timpuriu. Încălzirea în sine este foarte costisitoare (costuri de operare), iar factorul decisiv este alegerea metodei de încălzire optime.

► Lumina

Lumina este un factor complex care limitează creșterea materialului săditor într-o pepinieră forestieră. Trei proprietăți esențiale ale luminii afectează creșterea plantelor: intensitatea, durata și calitatea.

Pentru a asigura o creștere suficient de rapidă a plantelor, sursa de lumină trebuie să furnizeze suficientă energie pentru fotosinteză. În general, pe măsură ce ziua se prelungește, se prelungește și sezonul de creștere.



Fig. 3.7. Lămpi cu sodiu pentru iluminare spot (Foto: Sarvaș)

Efectul pozitiv al ajustării lungimii fotoperioadei asupra creșterii părții supratereane a puieților de molid a fost înregistrat în timpul semănatului timpuriu de primăvară (27.02). După sfârșitul perioadei de vegetație (03.09.2004), puieții de control au atins o înălțime de 61 mm față de partea supratereană, iar puieții la care lungimea fotoperioadei a fost controlată au atins o înălțime de 87 sau 100 mm (**Tabelul 3.2., Fig. 3.8. -3.9.).**

Tabelul 3.2. Înălțimea și diametrul la colet a molidului în funcție de lungimea fotoperioadei (Sarvaș et al., 2005)

Durata fotoperioadei	Înălțime (mm)				Diametru la colet (mm) $\pm s_x$
	24.03	28,4	20,5	3.9	3.9
Control – durata naturală a fotoperioadei	34 ^a	46 ^a	46 ^a	61 ^a	-
16:00	36 ^{a/b}	50 ^a	61 ^b	100 ^b	18 ^a
24 de ore	41 ^b	62 ^b	73 ^b	87 ^b	20 ^a

Notă: Mediile marcate cu aceeași literă nu diferă semnificativ din punct de vedere statistic.



Fig. 3.8. Durata naturală a fotoperioadei (Foto: Takáčová)



Fig. 3.9. Durata fotoperioadei de 24 de ore (Foto: Takáčová)

► Umiditatea aerului

La cultivarea puieților cu rădăcina protejată, umiditatea relativă a aerului și umiditatea substratului au un impact direct asupra creșterii. Când umiditatea relativă a aerului scade sub 50%, intensitatea fotosintezei scade. Nivelul optim al umidității relative depinde de faza de creștere.

► Concentrația de CO₂

Prezența CO₂ în atmosferă are o influență decisivă asupra gradului de fotosinteză. În mediul înconjurător, concentrația de CO₂ este de aproximativ 350 ppm. Nivelul optim al concentrației de CO₂ în ceea ce privește creșterea plantelor este mai mare. Concentrația de CO₂ poate fi crescută prin furnizarea directă a acestuia.

Rezumat:

- Acoperirile serelor de creșterea a materialului săditor cu rădăcina protejată se clasifică în funcție de forma lor exterioară, materialul folosit pentru acoperire (folie, sticlă) și dacă sunt independente sau conectate;
- Funcția de bază a acoperirii este de a capta la maximum lumina soarelui și de a proteja materialul săditor de influențele adverse ale mediului și de a crea factori de mediu optimi pentru creșterea materialului săditor cu rădăcina protejată;
- Factorii de mediu controlați în interior sunt: temperatura, lumina, umiditatea.

3.6. RECIPIENTE UTILIZATE PENTRU CULTIVAREA MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

Recipientul este baza pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate. Parametrii săi individuali (în principal, volumul și înălțimea) afectează direct creșterea sistemului radicular al plantelor tinere. Înființarea și creșterea ulterioară după plantare depind direct de creșterea noilor rădăcini și de supraîncărcarea lor în solul din jur. Parametrii sistemului radicular se reflectă și în creșterea părții supraterrane, iar aceste aspecte trebuie luate în considerare la evaluarea caracteristicilor individuale ale recipientelor.

Principalul parametru al recipientului este volumul său și, în general, se aplică principiul că, cu cât recipientul este mai mare, cu atât planta care poate fi cultivată este mai mare. Pe de altă parte, recipientele mai mari au un efect negativ asupra aspectului economic al cultivării materialului săditor cu rădăcina protejată:

- Ambalajele mai mari înseamnă o producție mai mică pe zonă;
- Plantele cultivate în ghivece mai mari au nevoie de mai mult timp pentru a se înrădăcina complet în spațiul recipientului;
- Manipularea și transportul materialului săditor în recipiente mai mari este mai dificilă.

Prin urmare, la proiectarea volumului recipientului, este necesar să se țină cont de mai mulți parametri, nu numai atunci când se cultivă material săditor cu rădăcina protejată într-o pepinieră forestieră, ci și de condițiile de mediu de la locul de plantare. În condițiile Europei Centrale, pentru cultivarea puieților de un an se utilizează recipiente cu un volum de 150 - 250 cm³, în timp ce pentru puieți mai mari de un an de vegetație volumul recipientelor atinge o dimensiune de 350 - 400 cm³.

Ambalajele utilizate pentru creșterea puieților cu rădăcina protejată au evoluat de la ambalajele utilizate pentru creșterea arborilor ornamentali. Având în vedere cerințele specifice impuse ambalajelor în pepinierele forestiere, au început treptat să se utilizeze ambalaje speciale pentru arbori forestieri. În prezent, se dezvoltă constant tipuri de ambalaje noi sau modificate, deoarece nu există un ambalaj care să îndeplinească toate cerințele.

Recipientele destinate cultivării materialului de plantare cu rădăcina protejată ale arborilor forestieri pot fi împărțite în funcție de mai multe aspecte. În condițiile Europei Centrale, divizarea se utilizează conform metodei de scoatere a materialului de plantat:

- ▶ material săditor cu balot de pământ – materialul săditor este scos direct din zona de producție a pepinierii forestiere împreună cu balotul de rădăcini. Această metodă a fost folosită în principal în trecut;
- ▶ ambalat – substratul este adăugat la sistemul radicular al puieților prin presare mecanică (Nisula). Această metodă a fost utilizată în principal în trecut;
- ▶ rădăcină protejată – cultivarea se efectuează în recipiente umplute cu substrat. Conform metodei ulterioare de cultivare, materialul de plantare cu rădăcina protejată se împarte în:
 - puiet cu rădăcină protejată – semănarea se face direct în recipient, fără o modificare mecanică ulterioară a sistemului radicular;
 - răsad/puiet cu rădăcină protejată – în timpul cultivării, sistemul radicular a fost modificat mecanic o singură dată, iar puietul a fost transplantat în recipient;
 - puiet semidezvoltat cu rădăcină protejată – sistemul radicular a fost modificat mecanic de două ori în timpul cultivării, iar puietul a fost, de asemenea, transplantat într-un alt recipient.

În funcție de calitatea materialului, ambalajele se împart în dure (ambalaj care nu permite rădăcinilor să crească – **Fig. 3.10., 3.11.**) și moi (ambalaj care permite rădăcinilor să crească) și nu necesită îndepărtare înainte de plantare. Ambalajele dure sunt utilizate în mod covârșitor, conectate în jardiniere. Ambalajele dure individuale sunt rareori utilizate, în special, la cultivarea semi tulpinilor și a lăstarilor. Containere din turbă-celuloză (RCK), (**Fig. 3.12.**) au fost utilizate ca ambalaje moi, în principal în Republica Cehă încă din anii 1960. Un alt tip de containere moi, care a început să fie utilizat în principal în Slovacia în a doua jumătate a anilor 1990, au fost tabletele JIFFY 7 Forestry (**Fig. 3.13.**). Baza tabletelor este turba comprimată într-o plasă, care ar trebui să se descompună în termen de doi ani de la plantare. După irigare, tabletele cresc în volum.

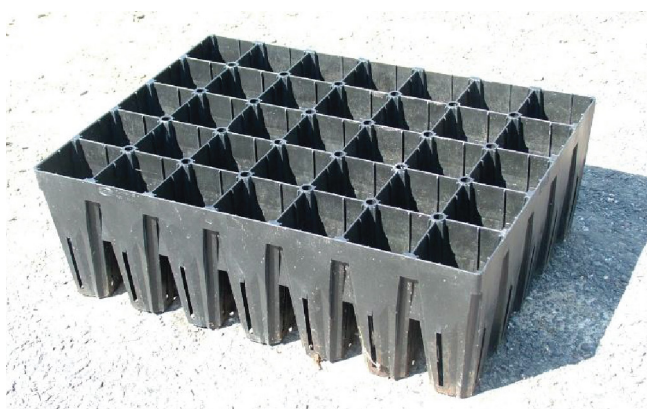


Fig. 3.10. Jardiniere fixe Länne 35 (Foto: Sušková)



Fig. 3.11. Semănătoare fixe BCC HIKO V530 (Foto: Sušková)



Fig. 3.12. Containere din celuloză de turbă (RCK) supraîncărcate (Foto: Takačová)



Fig. 3.13. Pachete Jiffy 7 Forestry (diametrul 50 mm) (Foto: Sušková)

Rezumat:

- Parametrii recipientului pentru cultivarea materialului de plantare (în principal volumul și înălțimea) afectează direct creșterea sistemului radicular al plantelor tinere;
- La proiectarea volumului recipientului, este necesar să se țină cont de mai mulți parametri, nu numai la cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată în pepiniera forestieră, ci și de condițiile de mediu de la locul de plantare;
- În funcție de calitatea materialului, ambalajele se împart în rigide (ambalaje care nu permit rădăcinilor să crească) și moi (ambalaje care permit rădăcinilor să crească).

3.7. SUBSTRATURI UTILIZATE PENTRU CULTIVAREA MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

Substraturile sunt medii de creștere utilizate pentru pregătirea paturilor izolate de la jardinierie la recipiente de diferite dimensiuni. Începutul cercetărilor privind utilizarea substraturilor pentru producerea de material săditor cu rădăcina protejată au început în anii 1930, iar primul mediu de creștere artificial a fost creat în anii 1950. Această cercetare și producția ulterioară au fost determinate de faptul că solul utilizat în containere nu îndeplinea anumite criterii și trebuia găsit un înlocuitor adecvat care să îndeplinească următoarele criterii:

- Asigurarea unei cantități suficiente de apă – plantele cultivate în container au un spațiu de creștere limitat în comparație cu plantele cultivate în câmp deschis. Acest factor are un impact direct asupra aportului redus de apă și nutrienți disponibili plantei. Prin urmare, substratul trebuie să aibă o capacitate mare de apă;
- Asigurarea unui schimb suficient de O_2 și CO_2 în zona sistemului radicular – în timpul respirației aerobe se produce dioxid de carbon, care se poate acumula până la niveluri toxice. Prin urmare, substratul trebuie să aibă o porozitate suficientă pentru a asigura o capacitate de aerisire suficientă.
- Asigurarea unui aport suficient de nutrienți – plantele preiau majoritatea nutrienților (sub formă de cationi) din soluție. Prin urmare, este necesar ca substratul să aibă o capacitate mare de schimb cationic.
- Asigurarea unei stabilități mecanice suficiente a plantei și creșterii dorite - substratul trebuie să fie suficient de compact pentru a asigura stabilitatea plantei.

Proprietățile unui substrat adecvat Substraturile de turbă sunt utilizate în principal pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată. Toate tipurile de turbă (oligotrofă, eutrofă, de tranziție) pot fi utilizate în producția de substraturi. Un substrat adecvat pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată trebuie să îndeplinească mai multe criterii, care pot fi împărțite în două grupe de bază:

Criterii care influențează creșterea plantelor:

- Asigurarea unui pH adecvat – valoarea pH-ului rezultat al substratului depinde de compoziția proporțională a componentelor individuale ale substratului, de pH-ul acestora și de practicile de creștere (în principal, irigație și fertilizare).
- Capacitate mare de schimb cationic – aceasta este cea mai importantă caracteristică care afectează absorbția nutrienților. Sub formă de cationi, plantele primesc calciu (Ca^{2+}), magneziu (Mg^{2+}), potasiu (K^+), azot (NH_4^+) și microelemente (fier, mangan, zinc, cupru etc.). Acești nutrienți sunt localizați în substrat în locuri cu o capacitate mare de schimb cationic și sunt absorbiți de plantă prin sistemul radicular.
- Niveluri scăzute de nutrienți interni – în timpul germinării, plantele nu necesită nutrienți pentru creșterea lor. În schimb, niveluri ridicate de nutrienți, în special azot, în timpul răsării pot favoriza răspândirea agenților patogeni fungici.
- Porozitatea – structura fizică adecvată a substratului asigură un schimb suficient de gaze în zona sistemului radicular, ceea ce are un impact direct asupra absorbției apei și a nutrienților.
- Curățenie necesară – pentru cultivarea cu succes a materialului săditor, este important ca substraturile să nu conțină semințe de buruieni și diverse tipuri de agenți patogeni.

Criterii care influențează tehnologia de cultivare

- Grad ridicat de uniformitate și consistență – este important ca proprietățile chimice și fizice ale substratului să nu difere între cerințele individuale și să garanteze rezultatul dorit atunci când se urmează aceleași proceduri tehnologice.
- Densitate vrac mică – densitatea vrac este exprimată în kg/m³. Densitatea vrac depinde de compoziția chimică și structura fizică a componentelor individuale ale substratului. Este exprimată pentru un substrat absolut uscat, dar parametrii densității vrac sunt de mare importanță chiar și atunci când este saturat cu apă, deoarece afectează manipularea și transportul materialului de plantare cu rădăcini acoperite.
- Durabilitate și depozitare ușoară.
- Umplerea ușoară a ambalajelor.
- Capacitatea de rehidratare.
- Preț.

Nu există un substrat universal pentru cultivarea puietului cu rădăcina protejată. Există mai multe companii pe piață care garantează calitatea substratului furnizat și sunt, de asemenea, capabile să pregătească un substrat personalizat în funcție de cerințele specifice ale fiecărei pepiniere. Prin urmare, este mai potrivit să fie utilizat un substrat de înaltă calitate și mai scump de la un furnizor verificat, decât de utilizat un substrat mai ieftin, dar de calitate inferioară, sau de preparat singur substratul într-o pepinieră forestieră. Inițial, costurile mai mari vor avea un efect economic asupra caracteristicilor calitative ale materialului săditor cultivat.

Rezumat:

- Substratul pentru cultivarea materialului săditor trebuie să asigure: apă suficientă, schimb suficient de O₂ și CO₂, stabilitate mecanică suficientă a plantei;
- Nu există un substrat universal pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcini protejate.
- Este mai potrivit de folosit un substrat de calitate de la un furnizor verificat decât de folosit un substrat mai ieftin, dar de calitate inferioară, sau de pregătit singur substratul într-o pepinieră silvică.

3.8. PROCEDEE TEHNOLOGICE PENTRU CULTIVAREA MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

În Europa Centrală, cel mai des utilizate procedee tehnologice pentru cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată sunt cele descrise în (**Tabelul 3.3.**) (Mauer 1999, Mauer și colab. 2006).

Tabelul 3.3. Procedee tehnologice de producere a materialului săditor forestier cu rădăcini protejate
(adaptat după Mauer și colab., 2006)

Categoria materialului săditor	Sucesiunea procedeeelor tehnologice	Produsul final
Puiet cu rădăcini protejate	Semănatul în recipient → cultivare în spațiu protejat (adăpost artificial) → depozitare → plantare	Puiet cu rădăcini protejate destinat împăduririi
	Semănatul în recipient → cultivare în spațiu protejat → transplantare într-un recipient de volum mai mare	Puiet cu rădăcini protejate, cu grad superior de dezvoltare
	Semănatul în recipient → cultivare în spațiu protejat → repicare în sol mineral	Puiet cu rădăcini nude
Răsad sau puiet tânăr	Transplantarea răsadului sau puietului (cu rădăcini nude ori protejate) în recipient → depozitare → plantare	Puiet cu rădăcini protejate destinat plantării
	Transplantarea răsadului sau puietului în recipient → transplantare într-un recipient de volum mai mare	Puiet semidezvoltat cu rădăcini protejate
Puiet semidezvoltat cu rădăcini protejate	Transplantarea puietului (cu rădăcini nude sau protejate) într-un recipient → depozitare → plantare	Puiet semidezvoltat cu rădăcini protejate destinat împăduririi
	Transplantarea puietului într-un recipient → transplantare într-un recipient de volum mai mare	Puiet dezvoltat cu rădăcini protejate

3.8.1. SEMĂNATUL

Premisa de bază pentru cultivarea cu succes a materialului săditor cu rădăcină protejată este folosirea semințelor de calitate. Soluția ideală este plasarea unei singure semințe în fiecare celulă. În cazul folosirii semințelor de calitate mai slabă, este necesar să se pună 2-3 semințe/celulă, dar în acest caz cresc costurile la tăiere la germinarea mai multor plante. O caracteristică importantă a calității semințelor este energia de germinare, care are un impact semnificativ asupra omogenității creșterii.

La semănatul semințelor mari (fag, ghinde de stejar), este mai bine să se semene semințele germinate, cu germenul în jos. Sămânța trebuie așezată în centrul celulei. Înainte de semănat, este necesară compactarea substratului – se recomandă așezarea cu aproximativ 10% mai mult substrat

decât volumul containerului. Un factor important care protejează semințele semănate (în special, pe cele mici) este stratul de acoperire. Înălțimea acestui strat pentru semințele mici trebuie să fie de până la 0,5 cm, pentru semințele mai mari de până la 1,0 cm.

La semănatul semințelor mici (Mo, Pi) și atunci când se utilizează un număr mai mare de tăvi/recipiente pentru puieți, este rentabilă folosirea liniilor de semănat, care asigură umplerea recipientelor cu substrat, nivelarea, semănarea și acoperirea semințelor cu strat de protecție.

Data semănatului depinde de temperatură și de durata fotoperioadei. Temperatura optimă este de 15-20°C. În cazul semănăturilor timpurii de primăvară la molid — înainte de 10 martie — din cauza zilei scurte, există riscul opririi creșterii. De aceea, este necesară asigurarea luminii suplimentare prin iluminare artificială, astfel încât durata zilei să fie de aproximativ 16 ore.



Fig. 3.14. Sămânță de molid germinată - 12 zile după semănat (Foto: Takačová)



Fig. 3.15. Germinarea fagului – 15 zile după semănat (Foto: Takáčová)

3.8.2. IRIGAȚIA

Regimurile de irigare propuse pentru creșterea puieților cu rădăcina protejată trebuie să i-a în considerare mai mulți factori. Unul dintre cei mai importanți factori este dimensiunea recipientului și diametrul superior al acestuia. Deoarece, recipientele utilizate pentru creșterea materialului săditor cu rădăcină protejată au un diametru mic și un volum mic, mai ales în cazul speciilor foioase este dificil să se asigure o distribuție uniformă a cantității de apă pentru irigare. Pierderea de apă are loc în două moduri: evaporarea directă din substrat și transpirația plantei. Ambele metode de pierdere sunt afectate de temperatura ridicată, umiditatea și aerisirea.

Pentru irigare se folosesc două tipuri de sisteme:

- Sistem stabil/fix – permite atât irigarea suplimentară, cât și irigarea dirijată; dezavantaje: uniformitate insuficientă, pierderi mari de apă, apă rămasă în sistem.
- Sistem mobil – este mai costisitor la instalare, dar permite adăugarea duzelor pentru fertilizare și aplicarea pesticidelor.

Pentru un regim corect de irigare este necesară monitorizarea necesarului de apă. Există mai multe metode disponibile, de la cele simple — observarea vizuală — până la cele mai complexe, cum ar fi determinarea potențialului hidric al plantelor cu ajutorul unei camere de presiune. Un compromis potrivit, care este sigur, rapid și nu necesită aparatură complicată, este determinarea greutateii tăvilor/recipientelor pentru material săditor. Principiul acestei metode se bazează pe faptul că apa din substrat influențează cel mai mult greutatea totală a recipientelor.

Pentru stabilirea greutateii optime, este necesar să se efectueze mai multe măsurători, până când se determină greutatea optimă a recipientelor, pe baza căreia se realizează irigarea.

Irigarea, pe lângă rolul de a asigura apa necesară plantelor, poate avea și rolul de modificare a condițiilor exterioare ale mediului. În perioada de vară, aceasta contribuie, în special, la scăderea temperaturii prin stropiri de răcorire. În perioada de toamnă și primăvară, în spațiile de depozitare, stropirile asigură protecția împotriva înghețurilor timpurii, respectiv târzii.

Trebuie avut în vedere că aceste măsuri sunt eficiente doar până la un anumit punct, iar în cazul stropirilor contra înghețului eficiența lor depinde în mare măsură de viteza curenților de aer.



Fig. 3.16. Sistem de irigație fix suspendat (Foto: Sarvaș)

3.8.3. FERTILIZAREA

Fertilizarea reprezintă procesul prin care se urmărește furnizarea nutrienților necesari plantelor, în cantitatea, forma și raportul dorit, astfel încât să fie atins scopul fertilizării. Fertilizarea este concentrată în principal pe asigurarea a șase elemente de bază: N, P, K, Ca, Mg, S și parțial pe șapte microelemente: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo.

Aplicarea nutrienților:

În general, există două proceduri de bază pentru aplicarea nutrienților:

1. Aplicarea îngrășămintelor direct în substrat.
2. Aplicarea îngrășămintelor lichide prin sisteme de irigare.

Aplicarea directă a îngrășămintelor în substrat are următoarele avantaje:

- nu este necesar echipament special de aplicare;
- costuri reduse de amestecare și aplicare în comparație cu aplicarea îngrășămintelor lichide.

Principalele dezavantaje includ:

- nu este posibilă controlarea exactă a concentrației și a echilibrului dintre nutrienții din substrat;
- este necesară asigurarea unei amestecări uniforme a îngrășămintelor în substrat.
- În cazul unei amestecări neuniforme a îngrășămintelor în substrat apar probleme mai ales la utilizarea recipientelor mici, deoarece aceasta poate provoca o creștere neuniformă a plantelor.

Avantajele aplicării îngrășămintelor lichide sunt:

- controlul precis al dozării fiecărui nutrient;
- posibilitatea modificării operative a regimului de fertilizare;
- risc scăzut de suprafertilizare.

Dezavantajele constau în costuri de exploatare mai ridicate, legate în special de necesitatea unui dozator pentru îngrășăminte lichide și a unui sistem adecvat de irigare.

Prepararea îngrășământului lichid. La prepararea fertilizării lichide, este necesar să se bazeze pe concentrația dorită a îngrășământului aplicat. Alți parametri sunt compoziția chimică a apei și raportul de amestec dintre îngrășământ și apă.

Monitorizarea fertilizării. Pentru creșterea cu succes a materialului săditor cu rădăcină protejată este necesară monitorizarea regulată a fertilizării, care poate fi realizată prin măsurarea anumitor indicatori. Printre caracteristicile de bază care reflectă rezerva de nutrienți se numără conductivitatea electrică (CE) a soluției și conținutul de nutrienți din țesuturile plantelor.

Prin conductivitatea electrică se măsoară conținutul de săruri, aceasta fiind o metodă rapidă de determinare a conținutului de nutrienți. Determinarea conținutului de nutrienți din țesuturile plantelor este cea mai precisă metodă, însă, este costisitoare și rezultatele nu sunt disponibile imediat.

3.8.4. CULTIVAREA ÎN SPAȚIU ÎNCHIS

Materialul săditor cu rădăcină protejată, aflat în faza finală de creștere, este mutat în spațiul de depozitare/întreținere după atingerea parametrilor morfologici necesari, precum înălțimea părții aeriene și diametrul coletului rădăcinii. Suprafața spațiului de depozitare ar trebui să fie întărită/stabilizată și fără prezența buruienilor.

Ca spațiu de depozitare poate fi folosit și locul rămas după îndepărtarea foliei de pe adăposturile acoperite cu folie (**Fig. 3.17**). În acest caz, nu mai este necesară manipularea materialului săditor aflat în creștere.



Fig. 3.17. Zona de depozitare a materialului săditor după îndepărtarea foliei (plasa de protecție împotriva luminii solare)
(Foto: Sarvaș)

O condiție indispensabilă este asigurarea unei irigații suficiente, de aproximativ 60-80 m³/ha/zi. Pentru a preveni deformarea sistemului radicular, este necesar ca și în spațiul de depozitare, la fel ca în adăposturi, fiecare tavă/recipient pentru puieți să fie așezat pe perna de aer.

Aerul dintre plante trebuie să circule, însă o circulație excesivă a aerului provoacă uscarea prea puternică a balotului. Suprafața de susținere propriu-zisă nu trebuie să aibă suprafețe orizontale, iar soluțiile constructive nepotrivite sunt, de exemplu, lăzile inversate.



Fig. 3.18. Construcție corespunzătoare care permite autoretezarea rădăcinilor prin acțiunea aerului
(Foto: Takáčová)

3.8.5. DEFORMĂRI ALE SISTEMULUI RADICULAR

La cultivarea materialului săditor cu rădăcina protejată pentru arbori forestieri, creșterea și dezvoltarea sistemului radicular este diferită în comparație cu creșterea prin regenerare naturală. Atunci când se utilizează un ambalaj greșit sau o tehnologie greșită de cultivare și plantare ulterioară, apar deformări ale sistemului radicular, care se reflectă în stabilitatea redusă a arboretelor forestiere stabilite.

Mauer și colab. (2006) enumeră următoarele tipuri de deformări ale sistemului radicular:

- aplatizare într-un plan vertical;
- aplatizare într-un plan orizontal;
- forme unilaterale în formă de steag;
- deformări de tip U și J;
- creșterea reciprocă a rădăcinilor în spațiul recipientului.



Fig. 3.19. Deformare de tip U (Foto: Takáčová)



Fig. 3.20. Creștere excesivă și încrucișare a rădăcinilor - 3 ani după plantare (Foto: Sarvaš)

Măsuri pentru eliminarea apariției deformărilor sistemului radicular:

- o condiție prealabilă este plasarea ghivecelor pe o pernă de aer pe întreaga perioadă de creștere;
- scurtarea timpului de creștere a materialului de plantare cu rădăcina protejată în recipiente – posibilitatea transplantării în recipiente mai mari (folosind mini-plugurilor);
- adăugarea de nervuri în interiorul ambalajului pentru a preveni ondularea rădăcinilor;
- modificarea formei recipientului — se renunță la secțiunile circulare, deoarece acestea favorizează formarea rădăcinilor spiralate, și se utilizează recipiente cu muchii, care dirijează creșterea rădăcinilor conform geotropismului pozitiv;
- aplicarea unor substanțe chimice inhibitoare pe partea interioară a recipientelor.

Rezumat:

- Premisa de bază pentru producerea cu succes a materialului săditor forestier cu rădăcină protejată este utilizarea semințelor de calitate, iar momentul semănatului depinde de temperatură și de durata fotoperioadei;
- Pentru irigare este necesară utilizarea apei necontaminate chimic și lipsite de impurități mecanice;
- La stabilirea regimului de fertilizare este necesar să se determine concentrația elementelor nutritive, raportul dintre acestea și să se țină cont de faza de creștere a puietilor;
- Utilizarea unui recipient necorespunzător sau a unei tehnologii incorecte de producere și plantare ulterioară poate provoca deformări ale sistemului radicular, care se reflectă în stabilitatea redusă a arboretelor instalate;
- Măsurile pentru eliminarea apariției deformărilor sistemului radicular includ: amplasarea tăvilor alveolare / recipientelor pentru puietii pe un strat de aer pe toată durata producerii, reducerea perioadei de creștere a materialului săditor cu rădăcină protejată în recipiente, adăugarea de nervuri pe pereții interiori ai recipientelor pentru evitarea spiralizării rădăcinilor, modificarea formei recipientului și aplicarea unor substanțe chimice inhibitoare pe partea interioară a recipientelor.

3.9. REZISTENȚA LA ÎNGHEȚ A MATERIALULUI SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE

Printre factorii care influențează calitatea materialului săditor se numără rezistența la îngheț. Prin caracteristica rezistenței la îngheț se înțelege, în general, capacitatea plantei de a supraviețui fără vătămări la temperaturi sub punctul de îngheț (Larcher, 1985).

În condițiile Europei Centrale, acțiunea înghețului din timpul iernii nu reprezintă, de regulă, o problemă, deoarece speciile forestiere lemnoase se află în repaus vegetativ, ceea ce le permite să suporte temperaturi negative. Pe de altă parte, un pericol mare de vătămare a puieților apare în cazul înghețurilor târzii de primăvară sau al înghețurilor timpurii de toamnă. În asemenea situații, diferite părți ale plantei sunt încă active din punct de vedere fiziologic și, prin urmare, sunt mai sensibile la vătămarea directă cauzată de îngheț. Această vătămare se manifestă prin reducerea calității fiziologice a materialului săditor (Sarvaș, 2003).

Problema vătămării prin îngheț este deosebit de actuală în cazul producerii intensive a materialului săditor forestier cu rădăcină protejată în pepinierele silvice. Scopul acestei tehnologii de producere este obținerea, într-un interval de timp cât mai scurt, a unui material săditor apt pentru plantare. Evoluția vremii în perioadele de iarnă se poate caracteriza prin temperaturi care pot coborî chiar sub -20°C . Pe de altă parte, pot apărea și episoade de încălzire bruscă accentuată, care pot influența procesele fiziologice din plante. De aceea, în producerea materialului săditor cu rădăcină protejată este necesară sincronizarea dobândirii rezistenței la îngheț cu ciclurile climatice sezoniere.

Rezistența la îngheț nu este o mărime constantă. Aceasta este determinată în primul rând genetic și diferă între speciile de arbori, precum și între genotipurile și ecotipurile acestora. De asemenea, există diferențe mari de rezistență la îngheț între diferitele țesuturi vegetale. Nivelul rezistenței la îngheț este influențat puternic de evoluția condițiilor meteorologice, care acționează direct asupra fazelor de creștere din timpul anului.

3.9.1. REZISTENȚA LA ÎNGHEȚ ȘI CICLUL DE CREȘTERE

În regiunile reci și în condiții naturale de creștere, pericolul vătămării prin îngheț a părții aeriene este redus la minimum. Creșterea începe după și se încheie înainte de apariția temperaturilor care pot provoca vătămări prin îngheț. Dez mugurirea din perioada de primăvară este corelată cu creșterea temperaturilor aerului, iar vătămarea prin îngheț poate apărea în cazul înghețurilor târzii de primăvară. Acest pericol este determinat de faptul că celulele vegetale din lăstarii nou-formați au un conținut ridicat de apă.

În perioada de toamnă, încheierea creșterii părții aeriene este corelată cu reducerea duratei fotoperioadei. Principalul pericol de vătămare prin înghețurile de toamnă poate apărea atunci când tulpinile continuă să crească și la începutul toamnei sau când acestea reiau creșterea din mugurii deja formați. Factorii care influențează cel mai mult creșterea în înălțime în perioada de toamnă sunt temperatura ridicată și aplicarea necorespunzătoare a fertilizării, în special, dozele mari de azot.

Dinamica de creștere a rădăcinilor are un parcurs diferit în comparație cu partea aeriană. Creșterea rădăcinilor noi la puieții de molid începe la temperatura solului de aproximativ $+10^{\circ}\text{C}$, motiv pentru care este întârziată față de activitatea părții aeriene. Pe de altă parte, în perioada de toamnă, activitatea radiculară continuă și după formarea mugurilor. Rădăcinile au o rezistență mai redusă la îngheț, însă sunt protejate de substrat/sol.

Rezistența la îngheț diferă și între speciile forestiere lemnoase, precum și în funcție de diferitele metode de producere a materialului săditor. Sarvaš și Tučeková (2004) au constatat diferențe în ceea ce privește vătămarea părții aeriene la materialul săditor cu rădăcină protejată de mesteacăn și pin negru. Testul s-a desfășurat la mijlocul lunii septembrie, când materialul săditor de un an, produs în recipiente de tip Jiffy și Lännen, a fost expus la trei temperaturi de îngheț. Ulterior, materialul săditor a fost amplasat în condiții optime de creștere, iar după 24 de zile s-a efectuat evaluarea vizuală a vătămării părții aeriene (**Fig. 3.21.–3.24.**).



Fig. 3.21. Deteriorare vizuală a părții supratereane a puieților, recipient de tip Jiffy (pin negru)



Fig. 3.22. Deteriorare vizuală a părții supratereane a puieților, recipient de tip Lännen (pin negru)

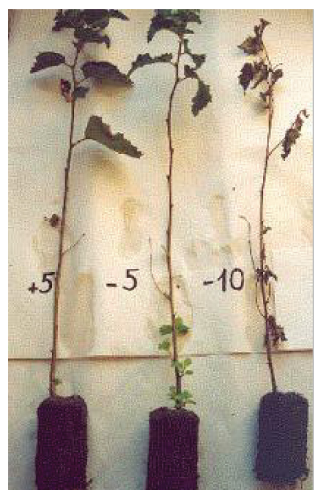


Fig. 3.23. Deteriorare vizuală a părții supratereane a puieților de mesteacăn, recipient de tip Jiffy
(Foto: Sarvaš)



Fig. 3.24. Deteriorare vizuală a părții supratereane a puieților recipient de tip Lännen (mesteacăn),
(Foto: Sarvaš)

3.9.2. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ REZISTENȚA LA ÎNGHEȚ A MATERIALULUI SĂDITOR

Rezistența la îngheț reprezintă o însușire fiziologică complexă, determinată de interacțiunea unui număr mare de factori interni și externi. În general, se consideră că sistemul radicular este mai sensibil la acțiunea temperaturilor negative decât partea aeriană a plantei (Colombo, 1994). De asemenea, lăstarii aflați în faza de înmugurire și rădăcinile nou-formate prezintă o vulnerabilitate mai ridicată la îngheț comparativ cu organele vegetative aflate în repaus. Printre principalii factori care influențează rezistența la îngheț a materialului săditor se numără fotoperioada, temperatura, regimul de fertilizare și metodele de protecție aplicate în timpul iernării.

Fotoperioada. Scurtarea fotoperioadei constituie unul dintre cei mai importanți factori implicați în formarea mugurilor terminali la materialul săditor de conifere (Darmling et al., 1968). Încetarea creșterii în înălțime a tulpinii are un rol esențial în declanșarea proceselor fiziologice care conduc la creșterea rezistenței la îngheț (Bigras, D'Aoust, 1993).

În țările nordice, la cultivarea materialului săditor cu sistem radicular protejat, se utilizează frecvent materiale opace pentru reducerea artificială a duratei luminii diurne în perioada de vară. Formarea mugurilor terminali poate fi observată după aproximativ 7-14 zile de aplicare a fotoperioadei scurtate (Ekberg et al., 1979). Totuși, este important de menționat că întreruperea acestui regim, în special, în condiții de temperaturi ridicate, poate determina reluarea creșterii vegetative, fenomen care conduce la diminuarea rezistenței la îngheț.

Temperatura. Alături de fotoperioadă, temperatura scăzută reprezintă un factor determinant în procesul de călire a coniferelor. Temperaturile reduse, de regulă sub 5°C, influențează semnificativ procesele fiziologice implicate în sporirea rezistenței la îngheț (Ryypö, 1998).

În cazul materialului săditor cu rădăcini nude, expunerea timpurie la temperaturi scăzute poate accelera procesul de călire. La materialul săditor cu sistem radicular protejat, cultivat în sere, solarii sau containere, regimul termic poate fi controlat într-o măsură mai mare. O reducere treptată a temperaturii, de la valori mai ridicate spre valori mai scăzute, favorizează obținerea unei rezistențe superioare la îngheț, comparativ cu expunerea bruscă la temperaturi scăzute (Timmis, 1978; Colombo, 1994).

Pe lângă riscul provocat de înghețurile timpurii de toamnă, o etapă critică o constituie iernarea materialului săditor cu sistem radicular protejat. Containerele sau ghivecele amplasate în spații deschise nu oferă întotdeauna o protecție suficientă împotriva temperaturilor scăzute din timpul iernii. Din acest motiv, atunci când condițiile permit, plantarea de toamnă a materialului săditor bine dezvoltat poate reprezenta o soluție mai adecvată decât menținerea acestuia în depozit pe parcursul iernii.

Fertilizarea. Regimul de fertilizare influențează direct procesele fiziologice care stau la baza rezistenței la îngheț. Atât excesul, cât și deficitul de elemente nutritive pot afecta negativ capacitatea materialului săditor de a rezista temperaturilor scăzute (Bigras, Colombo, 2001).

În practica silvică, spre sfârșitul sezonului de vegetație se utilizează uneori fertilizanți cu conținut redus de azot și cu aport mai ridicat de fosfor sau potasiu (Edwards, 1989). Această practică are ca scop limitarea creșterii vegetative târzii și favorizarea procesului de maturare a țesuturilor. Cu toate acestea, literatura de specialitate nu oferă dovezi unitare și constante privind efectul direct al fertilizării asupra creșterii rezistenței la îngheț.

Protecția împotriva daunelor produse de îngheț. Iernarea corespunzătoare a materialului săditor cu sistem radicular protejat are o importanță deosebită în procesul tehnologic de producere a acestuia. Principalul risc îl reprezintă deteriorarea sistemului radicular, deoarece rădăcinile sunt protejate doar de un volum redus de substrat, spre deosebire de materialul săditor cu rădăcini nude aflat în sol.

Una dintre principalele măsuri de reducere a daunelor provocate de îngheț constă în evitarea variațiilor bruște de temperatură. Astfel de variații pot apărea, de exemplu, atunci când materialul săditor cultivat în spații protejate este transferat direct în spații de depozitare sau în condiții de câmp. Din acest motiv, este necesară realizarea unei căliri treptate a plantelor, proces care contribuie atât la creșterea rezistenței la îngheț, cât și la reducerea riscului de deshidratare.

O altă metodă eficientă de protecție în perioada iernării este acoperirea materialului săditor. În acest scop pot fi utilizate diferite procedee, precum mulcirea, acoperirea cu fân, folosirea materialelor de umbrire sau alte sisteme de protecție. Țesăturile de umbrire reduc încălzirea excesivă din timpul zilei prin limitarea absorbției radiației solare de undă scurtă și, în același timp, diminuează pierderile de căldură din sol, contribuind la atenuarea extremelor termice.

Un factor important îl constituie și amplasarea containerelor sau ghivecelor. Atunci, când acestea sunt așezate direct pe suprafața solului (**Fig. 3.25.**), sistemul radicular beneficiază de o protecție termică mai bună comparativ cu situația în care recipientele sunt amplasate pe o pernă de aer. Prin urmare, modul de dispunere a recipientelor în spațiul de depozitare trebuie stabilit în funcție de condițiile climatice locale, de tipul materialului săditor și de gradul de sensibilitate al sistemului radicular la temperaturile negative.

Recipientele pentru producerea materialului săditor care prezintă spații libere între ele sunt expuse unui risc mai ridicat de deteriorare prin îngheț a sistemului radicular. Pe de altă parte, amplasarea directă a recipientelor pe suprafața solului, pe platforma de depozitare, imediat după transferarea acestora din adăpostul acoperit cu folie, poate genera riscul deformării sistemului radicular. Din acest motiv, se recomandă ca recipientele să fie așezate direct pe suprafața solului numai după încetarea creșterii rădăcinilor.

Rezumat:

- Rezistența la îngheț reprezintă un indicator important al calității generale a materialului săditor cu sistem radicular protejat;
- Cea mai ridicată rezistență la deteriorarea prin îngheț se înregistrează la materialul săditor aflat în stare de repaus vegetativ;
- Printre cele mai eficiente metode de inducere a stării de repaus vegetativ la materialul săditor cu sistem radicular protejat, în perioada de toamnă, se numără reducerea duratei fotoperioadei.



Fig. 3.25. Pregătirea răsadurilor de un an pentru iernare
(Foto: Sarvaš)

3.10. MATERIAL SĂDITOR CU RĂDĂCINI PROTEJATE – DEPOZITARE, MANIPULARE ȘI TRANSPORT

Depozitare

În Slovacia, plantarea se efectuează toamna, iar depozitarea pe timpul iernii se realizează într-o măsură mai mică. Cu toate acestea, depozitarea se realizează cu material săditor propagat, care este cultivat timp de 1,5-2 sezoane de creștere. Succesul iernării materialului săditor cu rădăcina protejată este influențat de doi factori principali: rezistența materialului săditor la stres și la condițiile de mediu. La nivelul materialului săditor, aceasta este rezistența la îngheț a diferitelor țesuturi vegetale (tulpină, muguri, rădăcini) și rezistența la deteriorarea iernii cauzată de secetă.

Datorită costurilor ridicate de operare ale utilizării halelor de depozitare climatizate de mare capacitate, materialul săditor este plasat într-o zonă de depozitare în timpul iernii. Această metodă de depozitare este cea mai puțin costisitoare, dar, pe de altă parte, există riscul de deteriorare a sistemului radicular din cauza înghețului. Acest risc este cel mai mare pentru containerele de volum mic, care au capacități reduse de izolare împotriva daunelor provocate de îngheț și secetă. Este important să se aleagă un loc de depozitare protejat de vânt, iar containerele să fie plasate direct pe sol. Un nivel mai ridicat de protecție este asigurat de depozitarea în care se utilizează diverse metode de protecție (rame din lemn, plase etc.). Acest tip de protecție poate fi utilizat nu numai pentru protejarea lăstarilor terminali, ci și pentru protecția laterală.

Din punctul de vedere al protejării materialului săditor, cea mai potrivită metodă de depozitare pe termen lung este utilizarea depozitelor climatizate, unde este posibilă reglarea precisă a temperaturii și umidității aerului în întreg spațiul. Această metodă de depozitare este utilizată în pepinierele de mare capacitate. Depozitarea pe termen lung a materialului săditor cu rădăcina protejată în timpul iernii prezintă un risc ridicat de deteriorare a calității acestuia. Prin urmare, este necesară inspectarea regulată a materialului săditor în perioada de iarnă, punându-se accent pe:

Daune provocate de îngheț:

Daunele pot apărea fie ca urmare a unei singure expuneri la temperaturi foarte scăzute, fie ca urmare a expunerii prelungite la temperaturi sub zero grade. Amploarea daunelor este invers proporțională cu repausul vegetativ al materialului săditor. Daunele provocate de îngheț amenință cel mai mult sistemul radicular al materialului săditor. Daunele în sine, fie că sunt la nivelul sistemului radicular, fie al părții supraterrane, nu pot fi detectate vizual și devin evidente doar după plantare.

• Pierderea repausului:

Acest tip de deteriorare apare în principal atunci când materialul săditor este plasat într-o seră în timpul iernii, iar influența vremii însoțite poate duce la o creștere a temperaturii interne. Aceasta are ca rezultat o creștere a activității fiziologice a părții supraterrane.

• Uscarea de iarnă:

Apare în principal în timpul depozitării, când materialul săditor este expus la vânt sau la lumina soarelui fără o protecție suficientă. Irigarea poate fi utilizată ca măsură preventivă.

• Infecții cu mucegai și fungice:

Acest tip de daune apare în principal în timpul depozitării pe termen lung a materialului săditor în depozite cu aer condiționat. Un dăunător semnificativ este mucegaiul cenușiu, care apare atunci când este depozitat în ambalaje de plastic într-un mediu rece.

- *Daune provocate de animale:*

Atunci când sunt depozitate într-un depozit, principalul risc de deteriorare a materialului săditor îl reprezintă rozătoarele (șoarecii și șoarecii de câmp). Daunele provocate de iepuri de câmp sau vânat mare sunt excluse dacă zona pepinierii forestiere este împrejmuită temeinic.

Manipulare

În timpul manipulării, transportului și plantării, materialul săditor poate fi expus la mai mulți factori de stres sau la o combinație a acestora. Prin urmare, este necesar să se acorde o atenție sporită acestor operațiuni pentru a preveni deteriorarea materialului săditor (**Tabelul 3.4.**). Materialul săditor aflat în stare de repaus vegetativ are cea mai mare rezistență la factorii de stres.

Tabelul 3.4. Intensitatea posibilor factori de stres asupra materialului săditor cu rădăcina protejată în timpul depozitării, transportului și plantării (*Landis et al. 2008*)

Procesul tehnologic	Intensitatea potențială a factorului de stres			
	Extreme de temperatură	Secetă	Daune mecanice	Mucegai
Depozitare pepinieră	xxx	x	x	xx
Manipulare	xx	xx	xxx	x
Transport	xx	xx	xxx	xx
Depozitare pe termen scurt (la locul de plantare)	xxx	xxx	x	xxx
Plantare	xxx	xxx	xxx	x

Notă: Intensitatea factorului de stres: x – scăzută, xx – medie, xxx – ridicată.

Un dezavantaj major este că orice deteriorare a materialului săditor nu poate fi detectată vizual și devine evidentă doar după plantare. Este foarte problematic, dacă nu chiar imposibil, să se determine cauza reală a eșecului plantării (**Fig. 3.26.**).



Fig. 3.26. Regenerare artificială nereușită a unui puiet cu rădăcina protejată de molid (Foto: Sarvaš)

Înainte de transportul propriu-zis, materialul săditor trebuie sortat și apoi ambalat. Înălțimea părții supraterane și diametrul la colet sunt cel mai adesea utilizate ca și criterii de sortare. La evaluarea parametrilor morfologici ai materialului săditor, este necesar să se acorde atenție în principal parametrilor calitativi ai sistemului radicular. De asemenea, este necesar să se acorde atenție apariției bolilor fungice și a mucegaiului.

Următoarea etapă de manipulare a materialului săditor este ambalarea acestuia. În Slovacia, din cauza producției relativ mici, se folosește ambalarea manuală a materialului săditor. În funcție de dimensiunea materialului săditor cultivat, sistemul radicular al fiecărui puiet este învelit în folie alimentară (**Fig. 3.27. – 3.28.**).



Fig. 3.27. Ambalarea materialului săditor forestier cu rădăcină protejată în folie (Foto: Sušková)



Fig. 3.28. Material săditor forestier cu rădăcină protejată pregătit pentru transport (Foto: Sušková)

Adesea, manipularea și plantarea ulterioară se efectuează cu material săditor fiziologic activ, ceea ce crește riscul de deteriorare a acestuia. Prin urmare, este necesar să se concentreze asupra măsurilor care ar elimina efectele acestor influențe negative. Pentru a reduce riscul de deteriorare a sistemului radicular al materialului săditor cu rădăcina protejată, se utilizează aplicarea hidroabsorbanților (STOCKOSORB) (**Fig. 3.29.-3.30.**).



Fig. 3.29. Aplicarea hidroabsorbanțului STOCKOSORB POWDER pentru protejarea sistemului radicular al fagului – aplicare înainte de transport (JIFFY 7 Forestry) (Foto: Sarvaš)



Fig. 3.30. Aplicarea hidroabsorbanțului STOCKOSORB MICRO în substratul de însămânțare (Foto: Sarvaš)

Transport

Momentul corect al plantării este cel mai important factor și este important să se minimizeze timpul dintre primirea materialului săditor din pepiniera forestieră și plantarea în teren. Conform lui Mauer et al. (2006), pentru lucrările de regenerare nu se recomandă folosirea următoarelor categorii de material săditor:

- la care se constată diminuarea mărimii creșterilor lăstarilor terminali sau apar modificări de culoare la nivelul organelor asimilatoare;
- care nu a fost cultivat (aclimatizat) în depozit timp de cel puțin două luni;
- care a fost cultivat într-un singur recipient mai mult de doi ani (cu excepția pinului silvestru);
- care are un sistem radicular deformat sau nu respectă standardul;
- care nu are o arhitectură clară a sistemului radicular;
- care nu are suficiente micorize;
- al căror ambalaj s-a dezintegrat deja în pepiniera forestieră sau și-a schimbat forma și dimensiunea inițială, ambalajul nu trebuie să se dezintegreze nici măcar în timpul manipulării și plantării ulterioare;
- care nu pot fi ușor scoase din ambalajul rigid;
- în care balotul de la rădăcină se dezintegrează după îndepărtarea containerului.

Pe de altă parte, se recomandă administrarea:

- material săditor forestier cu rădăcină protejată care a fost produs/dezvoltat în baza unei comenzi multianuale;
- material săditor forestier cu rădăcină protejată care a fost cultivat în tipul de recipient recomandat;
- material săditor forestier cu rădăcină protejată la care, înainte de scoaterea/livrării din pepinieră, a fost determinat conținutul de elemente nutritive din balotul radicular.

Următoarele tipuri de stres sunt cele mai frecvente la transportul materialului săditor dintr-o pepinieră forestieră (Landis et al. 2008):

• *Stresul de umiditate:*

Sistemul radicular este cel mai sensibil la uscare, în special rădăcinile noi, fine. Prin urmare, este esențial să se ferească materialul săditor de lumina directă a soarelui și să se evite expunerea la vânt în timpul manipulării și transportului. Substratul protejează parțial sistemul radicular de deteriorarea cauzată de secetă, comparativ cu materialul săditor cu rădăcina nudă. Pe de altă parte, deoarece, substratul este compus predominant (sau complet) din turbă, este periculos dacă se usucă. Într-un astfel de caz, este practic imposibil să se reia asigurarea unei alimentări cu apă pentru materialul săditor la locul de plantare. Se recomandă irigarea suficientă a materialului săditor cu rădăcina protejată înainte de transport, dar nu la maximum. Udarea completă crește greutatea totală a ghivecelor, nu este potrivită pentru sistemul radicular și poate provoca, de asemenea, dezintegrarea substratului.

• *Stres termic:*

În timpul manipulării și transportului, materialul săditor poate fi expus atât la temperaturi extreme (temperaturi ridicate, cât și scăzute). Temperaturile ridicate au un impact direct asupra apariției mușcăiului și a infecțiilor fungice, în special, în combinație cu umiditatea ridicată. Temperaturile ridicate au, de asemenea, un impact direct asupra deficitului de umiditate. Temperaturile scăzute (sub zero grade) au un impact negativ în principal asupra sistemului radicular.

- *Daune mecanice:*

Manipularea necorespunzătoare a materialului săditor (în special în timpul încărcării și depozitării pe termen scurt) are un impact negativ asupra germinării și creșterii ulterioare după plantare.

- *Stres acumulat:*

Materialul săditor trebuie să părăsească pepiniera forestieră în calitate maximă. Succesul restaurării pădurilor depinde de menținerea unei calități a materialului săditor, minimizând în același timp factorii de stres în etapele individuale de creștere, manipulare și plantare a acestuia. Factorii individuali de stres nu acționează individual, ci în interacțiune reciprocă. Problema acțiunii lor este că, în marea majoritate, efectul factorilor de stres nu poate fi detectat imediat pe baza observației vizuale și devine evident abia după plantare. Este important să se înțeleagă regula de bază: este imposibil să se crească calitatea materialului săditor după expedierea acestuia din pepiniera forestieră (Landis et al. 2008).

Rezumat:

- Plantarea materialului săditor cu rădăcina protejată are loc toamna, așadar depozitarea pe termen lung în timpul iernii se realizează în principal cu material săditor crescut (depozitare într-un depozit);
- Este necesar să se acorde o mare atenție protejării materialului săditor, în special efectelor înghețului asupra sistemului radicular și pierderii repausului vegetativ în partea de sus;
- Materialul săditor aflat în stare latentă are cea mai mare rezistență la factorii de stres în timpul manipulării, transportului și plantării;
- Se recomandă acceptarea materialului săditor cu rădăcinii protejate doar pe baza unei relații contractuale pe termen lung;
- O atenție sporită ar trebui acordată pagubelor provocate de secetă în timpul transportului și manipulării materialului săditor.

3.11. MATERIAL SĂDITOR FORESTIER CU SISTEM RADICULAR PROTEJAT – PLANTARE

Plantarea puieților reprezintă faza inițială a regenerării artificiale sau combinate a pădurilor. Plantarea puieților forestieri cu rădăcini protejate este influențată în mare măsură de următorii factori (Landis și colab., 2008):

► *Condițiile de mediu la locul de plantare:*

Înainte de plantare, este necesară evaluarea temeinică a locațiilor individuale de plantare. În primul rând, este necesar să se acorde atenție condițiilor de mediu, pe care nu le putem influența direct, dar este posibil să se elimine/utilizeze impactul negativ/pozitiv al mediului prin sincronizarea corectă a datei de plantare și utilizarea unor proceduri tehnologice adecvate (de exemplu, începerea plantării în locațiile sudice sau sud-vestice, care sunt cele mai expuse deficitului de umiditate). Cele mai importante condiții de mediu care afectează direct creșterea ulterioară după plantare includ temperatura și umiditatea solului. Umiditatea solului joacă un rol decisiv în absorbția nutrienților, ceea ce afectează ulterior creșterea materialului săditor. Imediat după plantare, este important ca sistemul radicular să fie capabil să asigure absorbția unei cantități suficiente de apă din solul înconjurător pentru partea supraterană.

Temperatura solului are o influență decisivă asupra creșterii și dezvoltării sistemului radicular. Lopushinsky, Max (1990) au constatat că la plantarea la altitudini și latitudini mari, creșterea noilor rădăcini se oprește dacă temperatura scade sub 10°C. Condițiile meteorologice au un impact direct asupra factorilor de stres (în special asupra stresului cauzat de secetă). Acest lucru începe să afecteze negativ semnificativ plantațiile dacă temperatura aerului depășește 25°C, iar umiditatea relativă scade sub 30%. Prin urmare, este recomandabil să plantați dimineața și pe vreme fără vânt.

O modalitate de a crește protecția sistemului radicular al materialului săditor cu rădăcina protejată în timpul manipulării și transportului este îmbibarea acestuia în hidroabsorbanți. Această măsură s-a dovedit a fi eficientă și ieftină chiar și pentru materialul săditor cu rădăcina nudă (Sarvaš, Tučeková 2003; Sarvaš et al. 2007).

► *Data plantării:*

În general, atât pentru materialul săditor cu rădăcina nudă, cât și pentru cel cu rădăcina protejată, se aplică principiul conform căruia data de plantare cea mai potrivită este atunci când puietii se află în stare de repaus vegetativ. În acest caz, materialul săditor este mai rezistent la influența efectelor individuale sau cumulative ale factorilor de stres. În condițiile Europei Centrale, majoritatea plantărilor se efectuează în perioada de toamnă. Principalele avantaje ale datei de plantare de toamnă includ:

- Este posibil să se utilizeze dinamica diferită a creșterii sistemului radicular, unde, după plantare, sistemul radicular este capabil să crească în solul din jur în toamnă, asigurând astfel o absorbție mai rapidă a nutrienților și, în special, a apei în primăvară.
- Nu este nevoie să se depoziteze materialul săditor în pepiniera forestieră în timpul iernii, și astfel există riscul de deteriorare a materialului săditor din cauza înghețului;
- Reducerea impactului muncii în perioada de primăvară.
- Pe de altă parte, dezavantajele includ:
- În cazul unor condiții meteorologice nefavorabile în perioada de toamnă (lipsa precipitațiilor), există un risc mare de pierderi;
- Se folosește material săditor fiziologic activ, care se deteriorează în cazul înghețurilor timpurii de toamnă;
- Materialul săditor plantat este foarte atractiv pentru fauna sălbatică și, prin urmare, este necesar să fie protejat în principal împotriva daunelor provocate de ungulate.

În general, plantarea în toamnă necesită o coordonare strânsă cu pepiniera forestieră, dar dacă se respectă toate regulile, aceasta are succes. Întrucât materialul săditor nu se află într-o stare de repaus vegetativ, este necesar să se asigure plantarea acestuia imediat după transportul său sau să se asigure depozitarea pe termen scurt, de maximum 1-2 zile. Locația de depozitare trebuie aleasă astfel încât să fie protejată nu numai de lumina soarelui, ci și de efectele vântului. Acest lucru poate reduce efectul stresului cauzat de lipsa de umiditate. Este absolut inacceptabil ca materialul săditor cu rădăcina protejată să fie expus lipsei de umiditate în momentul plantării. Soluția ideală în cazul depozitării pe termen scurt ar fi irigarea sistemului radicular chiar înainte de plantare, dar acest lucru este practic imposibil. Un alt principiu important este acela că materialul săditor trebuie plasat într-o poziție naturală chiar și în timpul depozitării sale pe termen scurt.

► *Procedura tehnologică de plantare:*

Plantarea în sine are o influență decisivă asupra creșterii materialului săditor. La plantare, este necesar să se acorde atenție mai multor factori:

Schema de plantare și numărul de puieti la hectar. Se aplică principiul conform căruia, în ceea ce privește randamentul mai mare al materialului săditor cu rădăcina protejată, se utilizează un număr mai mic de material săditor/ha în comparație cu materialul săditor cu rădăcina nudă. În cadrul

regenerării pădurii, în special, în zonele montane înalte, se utilizează o schemă de plantare neregulată, iar materialul săditor se plantează neuniform, în biogrupuri. De asemenea, la efectuarea plantării este necesar să se evite condițiile microclimatice nefavorabile ale stațiunii, în special suprafețele excesiv umede și zonele expuse înghețurilor. Totodată, este recomandabilă valorificarea funcțiilor de protecție oferite de cioate și de resturile rezultate în urma exploatărilor forestiere (**Fig. 3.31.**).



Fig. 3.31. Efect protector pozitiv al ciotului asupra creșterii unui puiet de larice cu rădăcina protejată (Foto: Sarvaș)

► *Calitatea muncii:*

Utilizarea unor proceduri tehnologice adecvate și calitatea lucrărilor sunt măsuri care pot influența direct succesul regenerării artificiale a pădurilor. Manipularea materialului săditor trebuie efectuată cu maximă grijă. Este necesar să se asigure că substratul nu este îndepărtat de pe balotul de rădăcini în timpul plantării. În plus, este necesar ca fiecare lucrător să transporte doar atâtea bucăți de material săditor câte pot planta în 1-2 ore (Landis și colab. 2008). Această măsură nu numai că reduce riscul de pagube cauzate de secetă, dar reduce și posibilele daune mecanice aduse părții supraterane a materialului săditor.

Una dintre condițiile de bază pentru o plantare de înaltă calitate este existența unor lucrători calificați și a unui control suficient. Aici apar probleme majore, deoarece este o activitate sezonieră cu o fluctuație mare de personal.

În timpul plantării propriu-zise, este indispensabilă asigurarea unui contact corespunzător între balotul radicular al puietului cu sistem radicular protejat și solul înconjurător. De asemenea, este necesară asigurarea unei adâncimi suficiente a gropii de plantare. Potrivit lui Landis et al. (2008), adâncimea gropii ar trebui să fie cu 2,5 cm mai mare decât lungimea balotului radicular, cu cel puțin 7 cm mai lată decât lățimea balotului radicular la partea superioară și cu 2 cm mai lată la partea inferioară. Una dintre greșelile fundamentale în procesul de plantare o constituie adâncimea insuficientă a gropii, fapt care se manifestă, după plantare, prin acoperirea necorespunzătoare a balotului radicular cu sol (**Fig. 3.32. – 3.33.**).

► *Metoda de plantare:*

La plantare se utilizează metoda manuală, iar procedeul recomandat este plantarea în gropi. În practica internațională, pentru efectuarea plantării se folosesc diferite tipuri de tuburi de plantare. (**Fig. 3.34.**).

Mauer și colab. (2006) au rezumat principiile plantării corecte în următoarele puncte:

- Sistemul radicular trebuie să fie umed și suficient fertilizat;

- În timpul plantării nu trebuie să se producă deteriorarea balotului radicular sau a rădăcinilor;
- Sistemul radicular nu trebuie să fie deformat și trebuie să fie plasat într-o poziție naturală;
- Întregul balot radicular trebuie introdus în solul mineral și trebuie să fie „afundat” / îngropat, cu o acoperire de cel puțin 2 cm după tasarea solului;
- Pereții netezi nu trebuie să se formeze în sol, pereții netezi pot provoca deformarea rădăcinilor;
- La plantare, nu trebuie creat niciun spațiu liber fără pământ în jurul rădăcinii;
- Este necesar de așezat cu grijă pământul în jurul rădăcinii;
- În zonele foarte stâncoase și în locurile cu sol de calitate slabă, este necesar să se asigure livrarea de pământ suplimentar;
- Nu trebuie de plantat în sol uscat;
- La plantare, substratul nu trebuie îndepărtat de pe rădăcină;
- La manipularea plantelor care au fost extrase din containerele de cultură în pepinieră, este necesar să se acorde o atenție sporită îngrijirii balotului radicular, în special protecției acestuia împotriva deshidratării.

Rezumat:

- Parametrii de umiditate și temperatura solului reprezintă cele mai importante caracteristici de mediu care influențează prinderea și creșterea ulterioară a materialului săditor.
- Plantarea de toamnă, dacă precipitațiile sunt suficiente, va asigura pătrunderea noilor rădăcini în solul.
- Coordonarea strânsă între producătorul de material săditor și administratorul sectorului de plantare este esențială la planificarea datei de plantare;
- În cazul plantării de material săditor fiziologic activ, cel mai potrivit este de plantat materialul săditor imediat;
- Pentru plantare, este necesară asigurarea forței de muncă calificate și supravegherea/verificarea lucrărilor efectuate;
- Este important să se acorde atenție dimensiunii gropii în care se face plantarea – adâncimea gropii trebuie să fie cu 2,5 cm mai adâncă decât lungimea cepei de rădăcini.



Fig. 3.32., 3.33. Adâncimea insuficientă a gropii de plantare a cauzat expunerea globului radicular
(Foto: Sarvaš)



Fig. 3.34. Tub de plantare Pottiputki (Foto: Sarvaš)

4.1. INTRODUCERE

Materialul săditor cu rădăcină nudă reprezintă principala categorie utilizată în regenerarea artificială a pădurilor din Europa Centrală (Sarvaš, 2002). În ultimele decenii, schimbările climatice s-au manifestat prin distribuția neuniformă a precipitațiilor și prin fluctuații accentuate ale temperaturilor, în special, în perioadele de primăvară și vară. Aceste fenomene climatice extreme au determinat apariția unor episoade frecvente de secetă, care au afectat semnificativ succesul lucrărilor de regenerare forestieră. În Slovacia, de exemplu, ponderea regenerărilor nereușite este estimată la aproximativ 15-20%, evidențiind impactul negativ al deficitului de umiditate asupra prinderii și dezvoltării puieților. În acest context, identificarea și implementarea unor tehnologii inovatoare care să sporească eficiența regenerării pădurilor a devenit o prioritate pentru silvicultura modernă.

Una dintre soluțiile promițătoare pentru reducerea efectelor stresului hidric și creșterea rezistenței puieților la secetă constă în utilizarea hidrogelurilor. Aceste materiale au capacitatea de a absorbi și stoca cantități mari de apă, pe care o eliberează treptat în zona rădăcinilor, asigurând o sursă suplimentară de umiditate în perioadele cu precipitații reduse. Aplicarea hidrogelurilor la plantare poate îmbunătăți rata de supraviețuire a puieților, favoriza dezvoltarea sistemului radicular și contribui la creșterea eficienței lucrărilor de regenerare forestieră, în special, în condițiile accentuării fenomenelor de secetă generate de schimbările climatice.

În contextul intensificării fenomenelor de secetă și al necesității creșterii eficienței regenerării artificiale a pădurilor, utilizarea hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice reprezintă o direcție inovatoare de cercetare și aplicare în silvicultură. Potrivit lui Bouranis (1995), hidrogelurile au capacitatea de a absorbi și reține cantități importante de apă, reducând astfel stresul hidric la care sunt supuse plantele în perioadele de deficit de umiditate. Datorită acestor proprietăți, hidrogelurile au fost utilizate cu succes în împădurirea terenurilor din regiuni semi-aride (Roldán și colab., 1996; Tognetti și colab., 1997), în regenerarea artificială a pădurilor din Europa Centrală (Sarvaš, 2003b, 2004b), în lucrările de recultivare și restaurare a terenurilor degradate (Sarvaš și colab., 2007), precum și în împădurirea terenurilor forestiere cu productivitate redusă (Boczoń și colab., 2009).

În cadrul acestor cercetări au fost testate hidrogelurile din gama STOCKOSORB, considerate polimeri superabsorbanți cu o capacitate ridicată de retenție a apei. Aceste produse sunt fabricate pe bază de acid poliacrilic reticulat și prezintă proprietatea de a-și mări semnificativ volumul în contact cu apa, formând un gel stabil care funcționează ca un rezervor de apă în zona sistemului radicular. Apa acumulată este eliberată treptat, în funcție de necesitățile fiziologice ale plantelor, contribuind astfel la reducerea efectelor stresului hidric.

Pe lângă utilizarea hidrogelurilor, cercetările au inclus și testarea preparatului microbiologic BactoFil® B, destinat stimulării activității biologice a solului și îmbunătățirii condițiilor de dezvoltare a puieților forestieri. Acest produs conține un consorțiu de bacterii benefice și microorganisme din sol, inclusiv speciile *Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* și *Micrococcus roseus*, precum și macro- și microelemente, enzime, regulatori naturali de creștere, vitamine și alți compuși biologic activi.

Aceste microorganisme contribuie la intensificarea proceselor biologice din sol prin fixarea biologică a azotului atmosferic, mobilizarea fosforului și a altor elemente nutritive greu accesibile,

accelerarea descompunerii materiei organice și stimularea dezvoltării sistemului radicular. Ca urmare, se îmbunătățește fertilitatea biologică a solului și crește disponibilitatea nutrienților pentru plante, favorizând instalarea și dezvoltarea puieților în condiții dificile de mediu.

Eficiența acestor tehnologii inovatoare a fost evaluată în diferite condiții staționale și climatice, utilizând mai multe specii forestiere, cu scopul de a determina impactul hidrogelurilor și al preparatelor microbiologice asupra ratei de prindere, creșterii și supraviețuirii puieților în cadrul lucrărilor de regenerare artificială a pădurilor.

4.2. APLICAREA HIDROGELURILOR

4.2.1. ZONA DE CÂMPIE

Pin silvestru

În luna martie 2003, puieții de pin (*Pinus spp.*) cu rădăcină nudă au fost scoși din pepinieră și grupați în mănunchiuri a câte 100 de exemplare. În vederea evaluării efectului hidrogelurilor asupra succesului plantării, o parte dintre mănunchiuri a fost supusă tratamentului cu hidrogelul STOCKOSORB® Powder, obținut prin dizolvarea a 70 g de produs în 10 litri de apă, în timp ce lotul martor a rămas netratat. Plantarea tuturor puieților s-a realizat în aceeași zi, pentru a elimina influența condițiilor de depozitare și manipulare asupra rezultatelor experimentale.

Experimentul a fost organizat pe baza a patru variante tehnologice:

1. **Varianta martor (control)** – puieți plantați fără aplicarea hidrogelului;
2. **Tratamentul sistemului radicular cu STOCKOSORB® Powder** – rădăcinile puieților au fost imersate în suspensia de hidrogel în pepinieră înainte de transport și plantare;
3. **Aplicarea gelului STOCKOSORB® Micro în groapa de plantare** – gelul a fost preparat prin amestecarea a 70 g de STOCKOSORB® Micro în 10 litri de apă și aplicat în groapa de plantare imediat înainte de introducerea puiețului. Pentru fiecare puieț s-au utilizat aproximativ 150 g de gel, echivalentul a 1,2 g de granule de hidrogel;
4. **Aplicarea granulelor STOCKOSORB® Micro în groapa de plantare** – în fiecare groapă au fost introduse direct 7 g de granule de hidrogel înainte de plantarea puiețului.

Dispozitivul experimental a fost organizat în trei repetiții independente pentru fiecare variantă experimentală. Fiecare repetiție a inclus câte 100 de puieți, rezultând un total de 300 de puieți pentru fiecare variantă și 1.200 de puieți incluși în întregul experiment. Această schemă experimentală a permis compararea eficienței diferitelor modalități de aplicare a hidrogelului asupra prinderii și dezvoltării puieților de pin în condițiile regenerării artificiale a pădurilor.

Rezultate:

La sfârșitul celui de-al doilea sezon de vegetație după plantare au fost evaluați indicatorii principali ai reușitei culturilor forestiere, respectiv rata de supraviețuire și creșterea puieților de pin (**Tabelul 4.1.**). Analiza rezultatelor a evidențiat faptul că, în majoritatea variantelor experimentale, aplicarea hidrogelului nu a determinat diferențe semnificative în ceea ce privește procentul de supraviețuire comparativ cu varianta martor.

Tabelul 4.1. Rata de supraviețuire și parametrii biometrici ai puietilor de pin (Pinus spp.) evaluați la doi ani după plantare

Variantă	Rata de supraviețuire (%)	Înălțimea plantei (cm)	Diametrul coletului radicular (mm)
Control	81	16.4 și	5.7 și
MICRO-granule	64	14,5 și	5,5 și
MICRO gel	84	16,5 și	5.8 și
PUDRA	83	16.4 și	5.9 și

Notă: mediile marcate cu aceeași literă nu diferă semnificativ statistic.

O excepție a fost înregistrată în varianta în care s-au aplicat granule de STOCKOSORB® Micro direct în groapa de plantare. În acest caz, rata de supraviețuire a fost considerabil redusă, ca urmare a utilizării unei doze excesive de hidrogel. Capacitatea foarte ridicată de absorbție și retenție a apei a determinat o expansiune semnificativă a granulelor după hidratare, exercitând o presiune mecanică asupra sistemului radicular și conducând la deplasarea puietilor din poziția inițială de plantare. Acest fenomen a compromis stabilitatea plantelor și contactul rădăcinilor cu solul, provocând o mortalitate ridicată încă din primul an de la plantare (**Figura 4.1.**).

Rezultatele obținute evidențiază importanța stabilirii unei doze optime de hidrogel și a unei tehnologii corespunzătoare de aplicare, întrucât utilizarea unor cantități excesive poate avea efecte contrare celor urmărite, afectând negativ prinderea și dezvoltarea puietilor în primele etape ale regenerării artificiale a pădurilor. În consecință, eficiența hidrogelurilor depinde nu doar de proprietățile acestora, ci și de respectarea parametrilor tehnologici de aplicare adaptați condițiilor staționale și cerințelor speciilor forestiere cultivate.

Analiza rezultatelor a constatat diferențe vizibile în sistemul radicular al plantelor. Plantele cu aplicarea STOCKOSORB® Micro au avut rădăcini semnificativ mai fine (**Fig. 4.2. -4.4.**).



Fig. 4.1. Efectul negativ al aplicării unei doze excesive de hidrogel granular asupra stabilității și prinderii puietilor, determinat de expansiunea hidrogelului în urma absorbției apei și deplasarea sistemului radicular din poziția de plantare. Sursa: adaptată după fotografia realizată de Tučeková.



Fig. 4.2. Plante de control – fără aplicarea hidrogelului (Foto: Sarvaš)



Fig. 4.3. Plante după aplicarea gelului STOCKOSORB® Micro (Foto: Sarvaš)



Fig. 4.4. Plante după aplicarea pulberii STOCKOSORB® Micro (Foto: Sarvaš)

4.2.2. ZONA DE DEAL

În cadrul experimentului desfășurat în condițiile staționale specifice zonei de deal au fost utilizați puietri forestieri cu rădăcini nude din speciile fag și stejar. Materialul săditor a fost organizat în mănunchiuri a câte 50 de puietri, în vederea aplicării uniforme a tratamentelor experimentale.

Pentru tratamentul sistemului radicular s-a utilizat hidrogelul STOCKOSORB POWDER, preparat prin dizolvarea a 70 g de produs în 10 L de apă. Rădăcinile puietilor au fost introduse în suspensia de hidrogel înainte de plantare, fiind constituit, totodată, și un lot martor, netratat. După aplicarea tratamentului, mănunchiurile de puietri au fost depozitate timp de trei zile într-un depozit cu climat controlat, pentru simularea intervalului dintre scoaterea materialului săditor din pepinieră și instalarea acestuia pe terenul de împădurit.

După perioada de depozitare, puietrii au fost plantați conform următoarelor variante experimentale:

- V1 – martor, fără aplicarea hidrogelului;
- V2 – tratarea sistemului radicular în pepinieră cu hidrogel STOCKOSORB POWDER;
- V3 – aplicarea hidrogelului STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare, imediat înaintea instalării puietilor;
- V4 – combinația dintre tratarea sistemului radicular cu STOCKOSORB POWDER și aplicarea hidrogelului STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare.

Pentru prepararea gelului utilizat în varianta V3 și V4 s-au dizolvat 70 g de STOCKOSORB MICRO în 10 L de apă. La plantare s-au aplicat aproximativ 150 g de gel în fiecare groapă, cantitate echivalentă cu 1,2 g de granule de hidrogel STOCKOSORB MICRO.

Experimentul a fost organizat în două repetiții independente pentru fiecare specie forestieră analizată (fag și stejar), fiecare variantă experimentală fiind reprezentată de câte 35 de puietri în fiecare repetiție, ceea ce a permis evaluarea riguroasă a efectului tratamentelor asupra performanțelor biologice ale materialului săditor.

La sfârșitul primei perioade de vegetație, în luna noiembrie, au fost evaluate procentul de prindere și principalii parametri biometrici ai puietilor, respectiv înălțimea și diametrul la colet. Analiza statistică a rezultatelor a evidențiat influența favorabilă a tratamentelor cu hidrogel asupra dezvoltării puietilor de fag.

Datele prezentate în (**Tabelul 4.2.**) indică faptul că toate variantele tratate cu hidrogel au înregistrat valori superioare ale procentului de prindere comparativ cu lotul martor, concomitent cu o creștere semnificativă a înălțimii și a diametrului coletului. Diferențele dintre variantele tratate și varianta martor au fost semnificative din punct de vedere statistic ($p < 0,05$), aspect evidențiat prin gruparea mediilor în clase distincte.

Tabelul 4.2. Procentul de prindere și parametrii biometrici ai puietilor de fag după primul sezon de vegetație

Variantă experimentală	Prindere (%)	Înălțimea puietilor (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	89	16,1 a	3,4 a
STOCKOSORB POWDER	93	24,8 b	4,3 b
STOCKOSORB MICRO (gel)	97	25,8 b	4,2 b
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO	97	23,1 b	4,1 b

Notă: Mediile urmate de aceeași literă nu diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$).

Rezultate similare au fost obținute și în cazul puieților de stejar. Aplicarea tratamentelor cu hidrogel a determinat o îmbunătățire considerabilă a procentului de supraviețuire, care a atins aproximativ 98% în variantele tratate, comparativ cu numai 80% înregistrat în varianta martor (**Tabelul 4.3.**). Aceste rezultate confirmă eficiența utilizării hidrogelului în reducerea stresului hidric post-plantare și în favorizarea procesului de instalare a puieților pe terenurile forestiere din zona de deal, caracterizate prin variații semnificative ale regimului de umiditate în perioada de vegetație.

Tabelul 4.3. Procentul de prindere și parametrii biometrici ai puieților de stejar (*Quercus* spp.) după primul sezon de vegetație

Varianta experimentală	Prindere (%)	Înălțimea puieților (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	80	15,1 a	4,3 ab
STOCKOSORB POWDER	97	17,7 b	4,7 b
STOCKOSORB MICRO	98	16,2 ab	4,1 a
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO	98	16,8 b	4,4 ab

Notă: Mediile urmate de aceeași literă nu diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$).

Rezultatele obținute pentru puieții de stejar evidențiază influența favorabilă a tratamentelor cu hidrogel asupra procesului de instalare și dezvoltare inițială a materialului forestier de reproducere. Comparativ cu varianta martor, la care procentul de prindere a fost de 80%, variantele tratate cu hidrogel au înregistrat valori semnificativ superioare, cuprinse între 97% și 98%, ceea ce confirmă eficiența hidrogelului în diminuarea stresului hidric din perioada imediat următoare plantării.

În ceea ce privește indicatorii biometrici, cea mai mare valoare a înălțimii medii a puieților (17,7 cm) a fost înregistrată în varianta în care sistemul radicular a fost tratat cu STOCKOSORB POWDER, aceasta fiind semnificativ superioară față de varianta martor. Diametrul coletului a prezentat variații mai reduse între variantele experimentale, valoarea maximă (4,7 mm) fiind, de asemenea, înregistrată în cazul tratamentului cu STOCKOSORB POWDER. Analiza statistică indică existența unor diferențe semnificative pentru unii dintre indicatorii evaluați, ceea ce demonstrează că aplicarea hidrogelului poate contribui la îmbunătățirea performanțelor de creștere ale puieților în primul sezon de vegetație.

La doi ani de la plantare, evaluările efectuate în teren au evidențiat diferențe evidente în dezvoltarea sistemului radicular al puieților din ambele specii forestiere analizate, în funcție de varianta tehnologică aplicată. Observațiile vizuale au arătat că utilizarea hidrogelului a favorizat dezvoltarea unui sistem radicular mai bine ramificat, cu un volum mai mare de rădăcini fine și o distribuție mai uniformă a acestora în profilul solului, comparativ cu puieții din varianta martor. Aceste caracteristici indică o capacitate superioară de explorare a solului și de absorbție a apei și elementelor nutritive, contribuind la o adaptare mai eficientă a puieților la condițiile staționale din zona de deal. Diferențele observate sunt ilustrate în (**Figurile 4.5.-4.8.**), care evidențiază efectul pozitiv al hidrogelului asupra arhitecturii și dezvoltării sistemului radicular în primii doi ani după plantare.

Această redactare respectă stilul și terminologia utilizate în literatura științifică din domeniul regenerării artificiale a pădurilor și al evaluării performanțelor materialului forestier de reproducere.



Fig. 4.5. Plante de stejar la doi ani de la plantare – fără aplicarea de hidrogel (Foto: Tučeková)



Fig. 4.6. Plante de stejar la doi ani de la plantare – aplicarea de STOCKOSORB POWDER și MICRO-gel (Foto: Tučeková)



Fig. 4.7. Plante de fag la doi ani de la plantare – fără aplicarea de hidrogel (Foto: Tučeková)



Fig. 4.8. Plante de fag la doi ani de la plantare – aplicarea de STOCKOSORB POWDER și MICRO-gel (Foto: Tučeková)

4.2.3. ZONA MONTANĂ

În vederea evaluării eficienței hidrogelurilor asupra procesului de instalare și dezvoltare a puieților forestieri în condițiile staționale specifice etajului montan, experimentul a fost realizat utilizând puieți cu rădăcini nude din speciile fag (*Fagus sylvatica* L.) și molid (*Picea abies* (L.) H. Karst.), proveniți din pepinieră.

Materialul forestier de reproducere a fost organizat în mănunchiuri a câte 50 de puieți, în vederea aplicării uniforme a tratamentelor experimentale. Sistemul radicular al puieților din variantele experimentale a fost tratat prin imersie într-o suspensie de STOCKOSORB POWDER, preparată prin dizolvarea a 70 g de produs în 10 L de apă. În paralel, a fost constituită o variantă martor, în cadrul căreia puieții nu au beneficiat de niciun tratament cu hidrogel. Ulterior, toate mănunchiurile au fost depozitate timp de trei zile într-un depozit cu climat controlat, pentru simularea condițiilor reale de transport și păstrare temporară a materialului săditor înaintea plantării.

După perioada de depozitare, plantarea puieților s-a realizat conform următorului dispozitiv experimental:

- V1 – varianta martor, fără aplicarea hidrogelului;
- V2 – tratarea sistemului radicular cu STOCKOSORB POWDER în pepinieră;
- V3 – aplicarea hidrogelului STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare, imediat înaintea instalării puieților;
- V4 – tratarea sistemului radicular cu STOCKOSORB POWDER, combinată cu aplicarea hidrogelului STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare.

Gelul utilizat în variantele V3 și V4 a fost preparat prin amestecarea a 70 g de STOCKOSORB MICRO cu 10 L de apă. La plantare s-au aplicat aproximativ 150 g de gel în fiecare groapă, cantitate echivalentă cu 1,2 g de granule de hidrogel.

Experimentul a fost organizat în două repetiții pentru specia molid, fiecare variantă experimentală cuprinzând câte 50 de puieți pe repetiție, în timp ce pentru specia fag s-a utilizat o singură repetiție. Acest dispozitiv experimental a permis evaluarea influenței hidrogelurilor asupra capacității de prindere și a dezvoltării inițiale a puieților în condițiile ecologice caracteristice zonei montane.

Evaluările au fost efectuate la sfârșitul primului sezon de vegetație, în luna noiembrie, fiind analizate procentul de prindere și principalii indicatori biometrici ai puieților, respectiv înălțimea și diametrul coletului.

Molid (*Picea abies* (L.) H. Karst.)

Rezultatele experimentale au evidențiat că tratamentele cu hidrogel au influențat diferit comportamentul puieților de molid în primul sezon de vegetație (**Tabelul 4.4.**). Cea mai ridicată rată de prindere (82%) a fost înregistrată în varianta în care sistemul radicular a fost tratat cu STOCKOSORB POWDER, reprezentând o creștere de 12 puncte procentuale comparativ cu varianta martor, unde procentul de prindere a fost de 70%.

În schimb, aplicarea exclusivă a hidrogelului STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare, precum și combinarea acestuia cu tratamentul sistemului radicular, nu au condus la îmbunătățirea procentului de prindere, fiind înregistrate valori de 66%, respectiv 67%, inferioare variantei martor.

În ceea ce privește parametrii biometrici, diferențele dintre variante au fost reduse. Înălțimea medie a puieților a variat între 29,4 cm și 35,8 cm, iar diametrul coletului între 5,1 mm și 6,0 mm, analiza statistică indicând că majoritatea diferențelor nu au fost semnificative statistic (**Tabelul 4.4.**).

Tabelul 4.4. Procentul de prindere și parametrii biometrici ai puieților de molid după primul sezon de vegetație

Varianta experimentală	Prindere (%)	Înălțimea (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	70	35,8 a	6,0 a
STOCKOSORB POWDER	82	34,1 a	5,6 ab
STOCKOSORB MICRO	66	30,8 a	5,3 b
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO	67	29,4 a	5,1 b

Notă: Mediile urmate de aceeași literă nu diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$).

Fag (*Fagus sylvatica* L.)

În cazul puieților de fag, tratamentele cu hidrogel au determinat o îmbunătățire evidentă a procentului de prindere, fără a influența semnificativ parametrii biometrici analizați. Varianta martor a înregistrat o rată de prindere de 62%, în timp ce variantele tratate au prezentat valori cuprinse între 76% și 86% (**Tabelul 4.5.**). Cele mai bune rezultate au fost obținute în varianta în care hidrogelul STOCKOSORB MICRO a fost aplicat în groapa de plantare, unde procentul de prindere a atins 86%, urmată de varianta combinată (85%).

Înălțimea puieților și diametrul coletului au prezentat variații reduse între variantele experimentale, iar analiza statistică nu a evidențiat diferențe semnificative, ceea ce indică faptul că efectul principal al hidrogelului s-a manifestat prin creșterea capacității de instalare și supraviețuire a puieților, fără modificări importante ale ritmului de creștere în primul sezon de vegetație.

Tabelul 4.5. Procentul de prindere și parametrii biometrici ai puieților de fag după primul sezon de vegetație

Varianta experimentală	Prindere (%)	Înălțimea (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	62	25,3 a	4,4 a
STOCKOSORB POWDER	76	26,9 a	5,0 a
STOCKOSORB MICRO	86	26,9 a	5,1 a
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO	85	27,6 a	4,9 a

Notă: Mediile urmate de aceeași literă nu diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$).

Analiza impactului economic al utilizării hidrogelurilor

Pe lângă evaluarea indicatorilor biologici, a fost analizată și eficiența economică a aplicării hidrogelurilor în lucrările de regenerare artificială. (**Tabelele 4.6. și 4.7.**) sintetizează costurile totale estimate pentru împădurirea unui hectar, luând în considerare atât pierderile de material săditor rezultate în urma mortalității puieților, cât și costurile asociate aplicării hidrogelurilor.

Calculul economic au fost realizate pentru densități de plantare de 3.000 puieți·ha⁻¹ în cazul molidului și 5.000 puieți·ha⁻¹ în cazul fagului. Costurile totale de referință pentru lucrările de împădurire au fost estimate la 853 EUR·ha⁻¹ pentru molid și 975 EUR·ha⁻¹ pentru fag.

Rezultatele prezentate în (**Tabelul 4.6.**) indică faptul că, în cazul molidului, tratamentul sistemului radicular cu STOCKOSORB POWDER a generat cele mai reduse costuri totale (164 EUR·ha⁻¹), datorită diminuării pierderilor de puieți și costului redus al tratamentului. În schimb, variantele bazate pe aplicarea hidrogelului MICRO au implicat costuri suplimentare ale materialului, care au depășit beneficiile economice rezultate din reducerea mortalității.

În cazul fagului (**Tabelul 4.7.**), toate variantele tratate au determinat o reducere substanțială a costurilor generate de pierderile de puieți comparativ cu varianta martor. Cea mai eficientă soluție din punct de vedere economic a fost aplicarea hidrogelului STOCKOSORB MICRO, care a redus costurile totale la 194 EUR·ha⁻¹, urmată de varianta combinată (215 EUR·ha⁻¹) și tratamentul cu STOCKOSORB POWDER (246 EUR·ha⁻¹).

În ansamblu, analiza economică demonstrează că utilizarea hidrogelurilor poate contribui la optimizarea costurilor lucrărilor de regenerare artificială, prin reducerea mortalității materialului forestier de reproducere și diminuarea necesității completărilor ulterioare. Eficiența economică a tratamentelor este însă dependentă de specie, de condițiile staționale și de tehnologia de aplicare a hidrogelului, ceea ce evidențiază necesitatea adaptării soluțiilor tehnologice la particularitățile fiecărei stațiuni forestiere.

Tab. 4.6. Costurile de regenerare a pădurii (1 ha) în funcție de aplicarea hidrogelurilor – molid

Variantă/rata de prindere (%)	Pierdere%/EURO	Costuri de aplicare a hidrogelului (EURO)	Costuri asociate cu pierderile + costuri de aplicare a hidrogelului (EURO)
Control/70	30/256	-	256
POWDER/82	18/154	10	164
MICRO gel/86	34/290	34*	324*
POWDER +MICRO gél/67	33/281	44*	325*

*costurile totale pentru aplicarea MICRO includ doar costurile cu materialele.

Tab. 4.7. Costurile de regenerare a pădurii (1 ha) în funcție de aplicarea hidrogelurilor – fag

Variantă/rata de prindere (%)	Pierdere%/EURO	Costuri de aplicare a hidrogelului (EURO)	Costuri asociate cu pierderile + costuri de aplicare a hidrogelului (EURO)
Control/62	38/371	-	371
POWDER/76	24/234	12	246
MICRO gel/86	14/137	57*	194*
POWDER +MICRO gél/85	15/146	69*	215*

*costurile totale pentru aplicarea MICRO includ doar costurile cu materialele.

4.3. APLICAREA HIDROGELURILOR ÎN COMBINAȚIE CU INOCULANȚI MICROBIOLOGICI AI SOLULUI

Zona de câmpie

Pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.)

Regiunea Záhorie reprezintă una dintre cele mai aride zone forestiere din Slovacia, fiind caracterizată prin precipitații reduse și soluri nisipoase cu fertilitate scăzută. Conținutul redus de humus și de elemente nutritive, precum și capacitatea limitată de retenție a apei, constituie factori restrictivi pentru instalarea și dezvoltarea regenerărilor artificiale. În aceste condiții staționale, identificarea unor soluții tehnologice capabile să îmbunătățească disponibilitatea apei și activitatea biologică a solului reprezintă o prioritate pentru creșterea succesului lucrărilor de împădurire. Pornind de la aceste considerente, a fost evaluată eficiența utilizării combinate a hidrogelurilor din gama STOCKOSORB și a preparatului microbiologic BactoFil® B, cu scopul de a îmbunătăți capacitatea de instalare și dezvoltare a puieților forestieri în condiții de deficit hidric și fertilitate redusă.

Conform specificațiilor producătorului, preparatul microbiologic BactoFil® B este destinat speciilor dicotiledonate și conține un complex de microorganisme benefice capabile să stimuleze procesele biologice din rizosferă, să intensifice mineralizarea materiei organice și să îmbunătățească disponibilitatea elementelor nutritive pentru plante. Asocierea acestui preparat cu hidrogelurile urmărește valorificarea efectului sinergic dintre creșterea disponibilității apei în zona sistemului radicular și stimularea activității microbiologice a solului.

Experimentul a fost instalat în luna martie 2004, utilizând puieți de pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.) în vârstă de un an. Înainte de transport, sistemul radicular al puieților a fost tratat prin imersie într-o suspensie de STOCKOSORB POWDER, iar în variantele experimentale corespunzătoare s-a aplicat hidrogelul STOCKOSORB MICRO în groapa de plantare, imediat înainte de introducerea puieților. Preparatul microbiologic BactoFil® B a fost administrat prin două tehnologii distincte: sub formă lichidă, aplicată pe întreaga suprafață experimentală, respectiv sub formă de granule, aplicate direct în groapa de plantare înaintea instalării puieților. Varianta martor a fost constituită din puieți plantați fără utilizarea hidrogelurilor și fără inocularea microbiologică a solului.

Evaluarea eficienței tratamentelor s-a realizat la sfârșitul primului sezon de vegetație, în toamna anului 2004, fiind analizate procentul de prindere, înălțimea puieților și diametrul coletului. Rezultatele experimentale demonstrează că aplicarea combinată a hidrogelurilor și a preparatului microbiologic BactoFil® B a influențat favorabil instalarea și dezvoltarea inițială a puieților de pin silvestru (**Tabelul 4.8. și Figurile 4.9.-4.12.**).

Comparativ cu varianta martor, care a înregistrat un procent de prindere de 90%, cele mai bune rezultate au fost obținute în varianta în care s-au aplicat simultan STOCKOSORB POWDER, STOCKOSORB MICRO și BactoFil® B în formă lichidă, unde procentul de prindere a atins 98%. De asemenea, variantele care au inclus aplicarea preparatului microbiologic împreună cu hidrogelul au înregistrat valori ale procentului de prindere cuprinse între 96% și 98%, confirmând efectul pozitiv al acestei tehnologii asupra procesului de instalare a puieților.

În ceea ce privește dezvoltarea biometrică, cea mai mare înălțime medie (15,5 cm) a fost înregistrată în varianta în care au fost aplicate STOCKOSORB POWDER, STOCKOSORB MICRO și BactoFil® B sub formă granulară, în timp ce valoarea maximă a diametrului coletului (5,5 mm) a fost obținută în varianta tratată cu STOCKOSORB POWDER și BactoFil® B aplicat în formă lichidă.

Analiza statistică a evidențiat existența unor diferențe semnificative între variante pentru unii dintre indicatorii biometrici analizați, ceea ce confirmă faptul că asocierea hidrogelurilor cu inoculanții microbiologici poate contribui atât la îmbunătățirea procentului de prindere, cât și la stimularea creșterii inițiale a puieților în condițiile dificile specifice solurilor nisipoase.

Tabelul 4.8. Procentul de prindere și parametrii biometrici ai puietilor de pin silvestru după primul sezon de vegetație

Varianta experimentală	Prindere (%)	Înălțimea puietilor (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	90	12,1 b	3,9 b
STOCKOSORB POWDER	90	14,6 ab	3,8 b
STOCKOSORB POWDER + BactoFil® B (lichid)	96	12,7 ab	5,5 a
STOCKOSORB POWDER + BactoFil® B (granule)	96	13,7 a	5,1 a
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO + BactoFil® B (lichid)	98	14,9 a	4,1 ab
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO + BactoFil® B (granule)	96	15,5 a	4,8 ab

*costurile totale pentru aplicarea MICRO includ doar costurile cu materialele.

În ansamblu, rezultatele obținute evidențiază faptul că utilizarea combinată a hidrogelurilor și a inoculanților microbiologici reprezintă o tehnologie promițătoare pentru regenerarea artificială a pădurilor instalate pe soluri sărace și cu capacitate redusă de retenție a apei. Sinergia dintre efectul hidrogelului, care asigură o rezervă suplimentară de apă în zona rizosferei, și activitatea microorganismelor benefice, care stimulează disponibilitatea elementelor nutritive și dezvoltarea sistemului radicular, conduce la îmbunătățirea procesului de prindere și la creșterea vigurozității



Fig. 4.9. Plante de control
(Foto: Tučeková)



Fig. 4.10. Aplicarea PUDRĂ + MICRO + Bactofil B (granule) (Foto: Tučeková)



Fig. 4.11. Aplicație POWDER + Bactofil B (granule) (Foto: Tučeková)



Fig. 4.12. Aplicarea POWDER + MICRO + Bactofil B (aplicare pe toată suprafața), (Foto: Tučeková)

puietilor în primul sezon de vegetație. Aceste rezultate susțin includerea tehnologiilor bazate pe hidrogeluri și biostimulatori microbiologici în practicile moderne de împădurire, în special în stațiunile forestiere caracterizate prin condiții edafice și climatice limitative.

La sfârșitul celui de-al doilea sezon de vegetație, în toamna anului 2005, a fost realizată o nouă evaluare a eficienței aplicării hidrogelurilor și a inoculantului microbiologic BactoFil® B asupra dezvoltării puietilor de pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.). Evaluarea a urmărit influența tratamentelor asupra principalilor parametri biometrici, respectiv înălțimea puietilor și diametrul coletului, indicatori relevanți pentru aprecierea vigoriei și stabilității materialului forestier de reproducere în primii ani după plantare.

Rezultatele obținute evidențiază faptul că aplicarea combinată a hidrogelurilor și a preparatului microbiologic a exercitat un efect favorabil asupra dezvoltării vegetative a puietilor. Comparativ cu varianta martor, puietii tratați au prezentat o creștere mai viguroasă, caracterizată prin valori superioare ale înălțimii și prin dezvoltarea unui sistem radicular mai extins și mai bine ramificat. Aceste rezultate sugerează că asocierea hidrogelurilor cu microorganisme benefice favorizează atât menținerea unui regim hidric optim în zona rizosferei, cât și intensificarea proceselor biologice implicate în absorbția apei și a elementelor nutritive.

Analiza parametrilor biometrici (**Tabelul 4.9.**) indică faptul că cea mai mare înălțime medie a puietilor (39,7 cm) a fost înregistrată în varianta în care tratamentul cu STOCKOSORB POWDER a fost asociat cu aplicarea BactoFil® B sub formă de granule. În ceea ce privește diametrul coletului, valoarea maximă (12,2 mm) a fost obținută în varianta în care au fost utilizate concomitent STOCKOSORB POWDER, STOCKOSORB MICRO și BactoFil® B aplicat în formă lichidă. Aceste rezultate evidențiază că efectul tratamentelor nu se limitează la creșterea procentului de prindere, dar contribuie și la consolidarea dezvoltării morfologice a puietilor în perioada critică de instalare.

Tabelul 4.9. Parametrii biometrici ai puietilor de pin silvestru la doi ani după plantare

Varianta experimentală	Înălțimea puietilor (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	33,5 ab	10,5 ab
STOCKOSORB POWDER	29,5 b	10,1 b
STOCKOSORB POWDER + BactoFil® B (lichid)	33,6 ab	9,6 b
STOCKOSORB POWDER + BactoFil® B (granule)	39,7 a	11,6 ab
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO + BactoFil® B (lichid)	30,8 b	12,2 a
STOCKOSORB POWDER + STOCKOSORB MICRO + BactoFil® B (granule)	30,7 b	9,9 b

Notă: Mediile urmate de aceeași literă în cadrul aceleiași coloane nu diferă semnificativ statistic ($p < 0,05$).

Observațiile efectuate în teren au evidențiat, de asemenea, persistența efectului hidrogelului STOCKOSORB MICRO asupra regimului hidric al solului. La doi ani de la plantare, în variantele în care hidrogelul a fost aplicat în groapa de plantare s-a constatat menținerea unei umidități mai ridicate în zona sistemului radicular comparativ cu varianta martor. Această capacitate de retenție și eliberare treptată a apei provenite din precipitații a contribuit la reducerea stresului hidric și la asigurarea unor condiții favorabile dezvoltării rădăcinilor și creșterii vegetative a puietilor (**Fig. 4.13.**).



Fig. 4.13. Gel STOCKOSORB MICRO la doi ani de la aplicare
(Foto: Tučková)

În ansamblu, rezultatele obținute după doi ani de la plantare demonstrează că utilizarea combinată a hidrogelurilor STOCKOSORB și a preparatului microbiologic BactoFil® B reprezintă o tehnologie eficientă pentru îmbunătățirea performanțelor materialului forestier de reproducere în condiții staționale limitative. Efectele benefice s-au manifestat atât prin stimularea dezvoltării sistemului radicular și a creșterii vegetative, cât și prin ameliorarea regimului hidric al rizosferei, aspecte esențiale pentru creșterea succesului lucrărilor de regenerare artificială în ecosistemele forestiere caracterizate prin deficit de umiditate și fertilitate redusă a solului.

Rezumat:

- Aplicarea STOCKOSORB POWDER pe sistemul radicular al puieților a avut un impact pozitiv (rata de supraviețuire și parametrii biometrici) asupra materialului săditor:
- Cel mai pronunțat efect pozitiv al aplicării STOCKOSORB POWDER asupra supraviețuirii și parametrilor de creștere a fost constatat la puieții de fag după al doilea sezon de vegetație.
- Aplicarea STOCKOSORB MICRO (granule) în groapa de plantare a influențat negativ rata de supraviețuire a puieților de pin cu rădăcină nudă din cauza supradozajului.
- Aplicarea STOCKOSORB a crescut rata de supraviețuire și parametrii de creștere ai plantelor în timpul primului și celui de-al doilea sezon de vegetație după plantare.
- Aplicarea STOCKOSORB în combinație cu preparatul microbiologic BactoFil a avut un efect pozitiv asupra supraviețuirii și creșterii puieților de pin.
- Aplicarea STOCKOSORB POWDER pentru protecția sistemului radicular este simplă și are un impact pozitiv asupra reducerii costurilor de regenerare a pădurii.

5.1. INTRODUCERE

În vederea validării în condiții operaționale a rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor experimentale privind utilizarea hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice în regenerarea artificială a pădurilor, în luna decembrie 2024 a fost selectată locația destinată amenajării unui obiect demonstrativ în Republica Moldova. Scopul acestuia a fost testarea și demonstrarea aplicabilității unor tehnologii inovatoare de împădurire, bazate pe utilizarea hidrogelurilor superabsorbante și a inoculanților microbiologici ai solului, în condițiile pedoclimatice specifice Republicii Moldova.

Obiectivul demonstrativ urmărește evaluarea eficienței acestor tehnologii în ceea ce privește creșterea procentului de prindere, stimularea dezvoltării sistemului radicular și a creșterii vegetative a puieților, precum și reducerea efectelor stresului hidric caracteristic perioadelor secetoase. Totodată, instalația are rolul de a furniza o bază practică pentru promovarea și transferul tehnologiilor inovatoare către administratorii fondului forestier și alți actori implicați în activitățile de regenerare și restaurare forestieră.

Amplasamentul experimental a fost stabilit în unitatea amenajistică 88B din cadrul Ocolului Silvic Hîrbovăț, administrat de Întreprinderea pentru Silvicultură Tighina (ÎS Tighina), unitate aflată în subordinea Agenției „Moldsilva”. Alegerea acestei locații a avut la bază caracteristicile staționale reprezentative pentru silvostepa Republicii Moldova, precum și necesitatea identificării unor soluții tehnologice capabile să îmbunătățească succesul lucrărilor de împădurire în condiții de deficit hidric și variabilitate climatică accentuată.

Din punct de vedere geografic, Ocolul Silvic Hîrbovăț este situat în partea de est a Republicii Moldova. Din punct de vedere administrativ-teritorial, suprafața administrată de această unitate de producție silvică se extinde pe teritoriul raioanelor Anenii Noi și Căușeni, precum și al municipiului Bender (Tighina), (**Figura 5.1.**). Poziționarea amplasamentului într-o regiune caracterizată prin influențe climatice continentale, precipitații relativ reduse și frecvență ridicată a perioadelor de secetă conferă obiectului demonstrativ un grad ridicat de reprezentativitate pentru evaluarea tehnologiilor moderne destinate creșterii rezilienței regenerărilor artificiale.

Prin implementarea acestui obiect demonstrativ se urmărește fundamentarea științifică și tehnico-economică a utilizării hidrogelurilor și a inoculanților microbiologici în practicile silvice curente, contribuind la dezvoltarea unor tehnologii de împădurire adaptate efectelor schimbărilor climatice și la creșterea eficienței lucrărilor de restaurare a ecosistemelor forestiere degradate. Această abordare permite evaluarea simultană a performanțelor biologice ale puieților, a eficienței economice a tehnologiilor aplicate și a posibilităților de integrare a acestora în sistemul de gospodărire durabilă a pădurilor din Republica Moldova.

Pe baza rezultatelor experimentale obținute în cadrul cercetărilor desfășurate în Slovacia și a experienței practice privind utilizarea hidrogelurilor în lucrările de regenerare artificială a pădurilor, în cadrul obiectului demonstrativ au fost selectate două tipuri de hidroabsorbanti cu mecanisme complementare de acțiune asupra regimului hidric din zona rizosferei.

Primul produs utilizat a fost Agrisorb (denumire comercială), un hidrogel superabsorbant pe bază de copolimer de acrilamidă și acid acrilic sub formă de sare de potasiu. Produsul este destinat protecției sistemului radicular al materialului forestier de reproducere în perioada cuprinsă

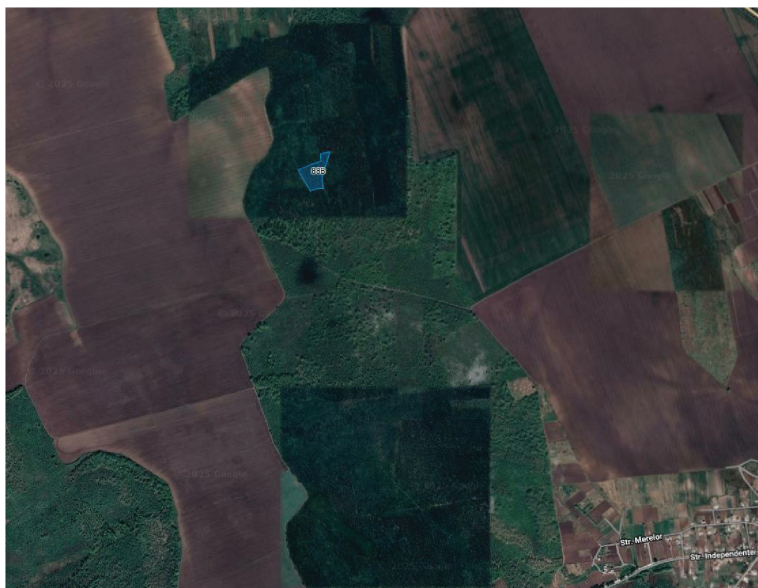


Fig. 5.1. Amplasarea obiectului demonstrativ (Sursă: Google Maps)

între scoaterea puieților din pepinieră și instalarea acestora pe terenul de împădurit. Preparatul se utilizează sub formă de suspensie apoasă cu concentrația de aproximativ 1% ($10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ apă), concentrația optimă fiind ajustată în funcție de caracteristicile fizico-chimice ale apei utilizate la preparare.

După hidratare, pulberea formează, în decurs de 5-10 minute, un gel cu proprietăți adezive care aderă uniform la suprafața sistemului radicular, constituind o peliculă protectoare capabilă să reducă pierderile de apă prin evaporare și să limiteze deshidratarea rădăcinilor în timpul manipulării, transportului și plantării. Totodată, hidrogelul creează o rezervă temporară de apă în imediata vecinătate a rădăcinilor, contribuind la diminuarea stresului hidric din perioada critică de acomodare după plantare.

Al doilea produs utilizat în cadrul instalației demonstrative a fost reprezentat de tabletele H₂O (denumire comercială), hidroabsorbanți superabsorbanți cu eliberare lentă a apei. Fiecare tabletă are capacitatea de a absorbi aproximativ 140 ml de apă, pe care o stochează și o eliberează progresiv către sistemul radicular în funcție de necesarul fiziologic al plantei și de condițiile de umiditate ale solului. Apa provenită din precipitații este acumulată în structura hidrogelului și devine disponibilă treptat pentru puieți în perioadele cu deficit hidric, contribuind astfel la stabilizarea regimului de umiditate în rizosferă.

Conform specificațiilor tehnice ale producătorului, tabletele își păstrează capacitatea de absorbție și cedare a apei timp de aproximativ 7-10 ani, după care polimerul se biodegradează progresiv în sol, fără a lăsa reziduuri cu impact negativ asupra mediului. Această caracteristică le recomandă ca soluție pentru îmbunătățirea condițiilor hidrice în primii ani de dezvoltare ai culturilor forestiere, perioadă în care mortalitatea puieților este, de regulă, cea mai ridicată.

În completarea tehnologiilor bazate pe hidrogeluri, în cadrul obiectului demonstrativ a fost testată și aplicarea preparatului microbiologic Bactériosol, în scopul stimulării activității biologice a solului și îmbunătățirii proceselor naturale de nutriție a puieților forestieri. Bactériosol reprezintă un produs biologic obținut dintr-un amestec de materiale vegetale compostate, melasă și biomasă vegetală supusă unui proces natural de fermentare, pe suportul căruia se dezvoltă un complex diversificat de microorganisme autohtone provenite din composturile elaborate prin metoda Marcel Mézy.

Produsul se caracterizează printr-un conținut ridicat de materie organică și elemente nutritive, având aproximativ 88% substanță uscată, 55% materie organică, 2,5% azot total, dintre care 1,5% azot

organic, un raport C/N de 11, precum și cantități importante de fosfor (0,5% P_2O_5), potasiu (2% K_2O) și magneziu (0,5% MgO). Această compoziție favorizează intensificarea activității microbiologice din rizosferă, accelerarea proceselor de humificare și mineralizare a materiei organice, precum și creșterea disponibilității elementelor nutritive pentru plante.

Aplicarea inoculanților microbiologici constituie o direcție inovatoare în tehnologia regenerării artificiale a pădurilor, deoarece contribuie la refacerea fertilității biologice a solului și la dezvoltarea unor comunități microbiene capabile să susțină procesele de nutriție și dezvoltare ale puieților. Până în prezent, preparatul Bactériosol a fost utilizat preponderent în agricultură și, într-o măsură limitată, în cadrul experimentelor desfășurate în pepiniere forestiere. Implementarea acestuia în culturi forestiere nou înființate reprezintă o abordare inovatoare, menită să evalueze potențialul microorganismelor benefice de a îmbunătăți performanțele regenerărilor artificiale în condiții staționale dificile.

Se presupune că inocularea solului cu microorganisme implicate în ciclul biogeochimic al azotului și al altor elemente nutritive poate favoriza dezvoltarea unui sistem radicular mai viguros, creșterea capacității de absorbție a apei și a nutrienților, precum și sporirea rezistenței puieților la stresul hidric și edafic. Asocierea preparatelor microbiologice cu hidrogelurile superabsorbante are potențialul de a genera un efect sinergic, prin combinarea optimizării regimului hidric al rizosferei cu intensificarea proceselor microbiologice din sol, contribuind astfel la creșterea succesului lucrărilor de împădurire în condițiile schimbărilor climatice și ale degradării progresive a resurselor edafice.

5.2. ÎNFIINȚAREA OBIECTULUI DEMONSTRATIV

Obiectul demonstrativ a fost înființat în unitatea amenajistică 88B din cadrul Ocolului Silvic Hîrbovăț, pe un teren destinat regenerării artificiale cu stejar pedunculat (*Quercus robur* L.). Alegerea amplasamentului a avut la bază caracteristicile staționale ale terenului și necesitatea evaluării eficienței unor tehnologii inovatoare de împădurire în condiții reprezentative pentru ecosistemele forestiere din zona de silvostepă a Republicii Moldova.

În vederea realizării lucrărilor de împădurire, suprafața experimentală a fost pregătită corespunzător până la data de 30 aprilie 2025, fiind executate lucrările preliminare necesare instalării culturii forestiere. Amplasamentul provenea dintr-o suprafață parcursă cu tăieri rase, însă, în conformitate cu prevederile tehnologiilor silvice privind conservarea elementelor valoroase ale arboretului și menținerea biodiversității, pe suprafața destinată împăduririi au fost păstrați 55 de arbori maturi de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.).

Menținerea acestor arbori remanenți urmărește îndeplinirea mai multor funcții ecologice și silviculturale, inclusiv conservarea resursei genetice locale, asigurarea habitatelor pentru speciile asociate ecosistemelor forestiere, ameliorarea microclimatului și reducerea efectelor factorilor climatici extremi asupra culturii forestiere nou înființate. Totodată, arborii rămași pe suprafață contribuie la diminuarea amplitudinii variațiilor de temperatură și umiditate, favorizând instalarea și dezvoltarea puieților în primii ani după plantare.

Configurația amplasamentului experimental și distribuția arborilor remanenți sunt prezentate în (Figura 5.2.). Aceste condiții au oferit un cadru adecvat pentru evaluarea comparativă a tehnologiilor inovatoare bazate pe utilizarea hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice, precum și pentru analiza comportamentului puieților în condiții reale de regenerare artificială.

Prin amenajarea acestui obiect demonstrativ s-a urmărit nu numai validarea rezultatelor obținute în condiții experimentale, ci și demonstrarea aplicabilității practice a tehnologiilor propuse în activitatea curentă de regenerare a pădurilor. Instalația demonstrativă constituie astfel o platformă pentru evaluarea performanțelor biologice și economice ale metodelor moderne de împădurire,

facilitând transferul rezultatelor cercetării către practica silvică și promovarea unor soluții adaptate provocărilor generate de schimbările climatice și de creșterea frecvenței fenomenelor de secetă.

În vederea înființării obiectului demonstrativ, lucrările de pregătire a terenului au fost executate pe o suprafață totală de 1,2 ha, utilizând tehnologii mecanizate specifice regenerării artificiale a pădurilor. Pregătirea terenului a constat în îndepărtarea stratului superficial de vegetație și mobilizarea localizată a solului prin executarea de brazde cu ajutorul plugului forestier, amplasate la o distanță de 3,0 m între ele. Această metodă de pregătire a terenului urmărește îmbunătățirea condițiilor de instalare a culturii forestiere prin reducerea competiției vegetației ierboase, ameliorarea proprietăților fizice ale solului și crearea unor condiții favorabile dezvoltării sistemului radicular al puieților.



Fig. 5.2. Aspect general al arboretului din unitatea amenajistică 88B, destinat înființării obiectului demonstrativ (Foto: Sarvaș)

Plantarea a fost realizată la data de 30 aprilie 2025, cu respectarea prevederilor normelor tehnice aplicabile în domeniul regenerării artificiale a pădurilor din Republica Moldova. Au fost utilizați puieți de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) în vârstă de doi ani, plantați la o schemă de 3,0 × 1,0 m, în brazdele executate anterior, ceea ce corespunde unei densități de aproximativ 3.333 puieți-ha⁻¹.

În scopul caracterizării condițiilor staționale ale amplasamentului și al interpretării corecte a rezultatelor experimentale, anterior instalării obiectului demonstrativ au fost prelevate probe de sol reprezentative. Analizele fizico-chimice au fost efectuate în cadrul laboratorului acreditat al Centrului Național de Cercetare și Dezvoltare în Silvicultură (Slovacia), utilizând metode standardizate pentru determinarea principalilor indicatori pedologici. Rezultatele analizelor sunt prezentate în (**Tabelul 5.1.**).

Rezultatele analizelor fizico-chimice efectuate asupra probelor de sol prelevate din amplasamentul experimental evidențiază condiții edafice favorabile pentru instalarea și dezvoltarea culturilor forestiere. Din punctul de vedere al conținutului de carbon organic și al materiei organice, solul se caracterizează printr-un grad ridicat de humificare, încadrându-se în categoria solurilor bogate în humus. Acest aspect reflectă o fertilitate naturală ridicată și o capacitate corespunzătoare de susținere a proceselor biologice și biochimice din sol.

Tabelul 5.1. Rezultatele analizei solului

1	2	3	4	5	6	7	8
Pământ uscat	pH-ul în H ₂ O	pH-ul în CaCl ₂	Carbon	Azot	Sulf	Carbonați	Bor total
%	-	-	%	%	%	%	mg/kg
95,09	7.01	6,51	4,57	0,423	0,0508	0,1	19.2
9	10	11	12	13	14	15	16
Calciu total	Fier total	Potasiu total	Aluminiu Total	Magneziu total	Total de mangan	Sodiu total	Fosfor total
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
8300	21560	5559	25915	5414	592	63,2	587
17	18	19	27	28	29	30	31
Zinc total	Crom	Cupru	Magneziu	Calciu	Potasiu	Fosfor	Mangan
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
50,4	30,6	19,5	588	5539	285	20.3	92,8
32	33	34	35	36			
Cupru	Zinc	Fier	Sodiu	NISIP	PRAF	I.L.	
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	
2,79	2.37	76,9	25,4	10.02	58,47	31,52	

Raportul carbon/azot (C/N), utilizat ca indicator al gradului de maturitate și al calității humusului, indică existența unui humus bine stabilizat, cu proprietăți favorabile desfășurării proceselor de mineralizare și de eliberare treptată a elementelor nutritive necesare dezvoltării vegetației forestiere. Un asemenea raport reprezintă un indicator al unei activități microbiologice intense și al unei fertilități biologice ridicate a solului.

Din punct de vedere textural, analiza distribuției fracțiilor granulometrice evidențiază încadrarea solului în categoria solurilor luto-argiloase, caracterizate printr-o capacitate ridicată de retenție a apei și a elementelor nutritive, concomitent cu o permeabilitate suficientă pentru asigurarea unui regim favorabil de aerare a sistemului radicular. Aceste proprietăți conferă solului o bună capacitate de susținere a culturilor forestiere, fără limitările specifice solurilor argiloase compacte.

Reacția solului, exprimată prin valorile pH = 7,01 (în apă) și pH = 6,51 (în soluție de CaCl₂), indică un mediu edafic cu reacție neutră spre slab acidă, considerată optimă pentru dezvoltarea stejarului pedunculat (*Quercus robur* L.) și pentru desfășurarea proceselor microbiologice implicate în ciclul elementelor nutritive.

Analiza rezervelor de macroelemente evidențiază un nivel ridicat de aprovizionare atât în forme totale (rezerve potențial disponibile prin alterarea mineralelor), cât și în forme accesibile plantelor. Conținuturile de calciu (Ca), magneziu (Mg) și potasiu (K) indică un grad foarte bun de fertilitate chimică a solului, iar raporturile dintre aceste elemente se încadrează în limite favorabile dezvoltării vegetației forestiere. De asemenea, concentrațiile microelementelor analizate (Fe, Mn, Zn, Cu și B) se situează la niveluri considerate adecvate sau foarte bune, fără a evidenția deficiențe sau concentrații care ar putea induce efecte fitotoxice asupra puieților.

Ansamblul caracteristicilor pedologice analizate demonstrează că amplasamentul experimental oferă condiții edafice corespunzătoare pentru dezvoltarea culturilor forestiere, permițând evaluarea obiectivă a eficienței tratamentelor experimentale aplicate asupra materialului forestier de reproducere.

În vederea evaluării comportamentului puietilor în condiții ecologice diferite și a determinării influenței tehnologiilor inovatoare asupra procesului de instalare și dezvoltare a culturii forestiere, pe suprafața obiectului demonstrativ au fost înființate variante experimentale în care au fost utilizați atât puieti tratați, cât și puieti martor. Tratamentele experimentale au constat în aplicarea hidrogelului Agrisorb, a tabletelor hidroabsorbante H₂O și a preparatului microbiologic Bactériosol, în timp ce varianta martor a inclus puieti plantați fără aplicarea acestor produse.

Pentru a analiza eficiența tratamentelor în condiții de microstațiune diferite, suprafața experimentală a fost compartimentată în funcție de gradul de acoperire cu coronamentul arborilor remanenți ai arboretului anterior. Astfel, s-a urmărit evaluarea efectului combinat al tratamentelor aplicate și al condițiilor de lumină, temperatură și umiditate generate de diferite niveluri de acoperire a coronamentului asupra procesului de prindere și dezvoltare a puietilor.

În acest scop au fost delimitate trei repetiții experimentale, reprezentând situații distincte din punct de vedere al gradului de acoperire cu coronamentul arboretului remanent:

- **Repetiția I** – amplasată sub coronamentul arboretului remanent, caracterizată printr-un grad ridicat de umbră;
- **Repetiția II** – amplasată într-o zonă cu acoperire parțială a coronamentului, reprezentând condiții intermediare de iluminare și protecție;
- **Repetiția III** – amplasată pe o suprafață complet descoperită, lipsită de influența coronamentului arborilor remanenți și expusă integral factorilor climatici.

Această organizare experimentală a permis evaluarea comparativă a eficienței hidrogelurilor și a preparatului microbiologic în condiții de microclimat diferite, oferind informații relevante privind adaptabilitatea tehnologiilor propuse la variabilitatea condițiilor staționale întâlnite în regenerarea artificială a pădurilor. Configurația celor trei suprafețe experimentale este prezentată în **(Fig. 5.3–5.5.)**

În vederea asigurării rigurozității experimentale și a posibilității efectuării unei analize statistice relevante, obiectul demonstrativ a fost organizat conform principiilor de bază ale cercetării experimentale aplicate în silvicultură. Dimensionarea variantelor experimentale și numărul de puieti incluși în fiecare tratament au fost stabilite astfel încât să permită evaluarea comparativă a influenței tehnologiilor testate asupra procesului de instalare, supraviețuire și dezvoltare a culturii forestiere.



Fig. 5.3. Suprafața experimentală situată sub coronamentul arboretului remanent, utilizată pentru evaluarea influenței gradului de acoperire asupra instalării și dezvoltării puietilor (Foto: Sarvaș)



Fig. 5.4. Suprafața experimentală amplasată într-o zonă cu acoperire parțială a coronamentului arboretului remanent, reprezentativă pentru condiții intermediare de microstațiune (Foto: Sarvaș)



Fig. 5.5. Suprafața experimentală fără acoperire cu coronamentul arboretului remanent, reprezentativă pentru condiții de microstațiune complet deschise (Foto: Sarvaș)

Dispozitivul experimental a fost proiectat pentru a asigura reprezentativitatea rezultatelor și reducerea influenței factorilor de variabilitate stațională. În acest scop, fiecare variantă experimentală a fost instalată în cadrul celor trei condiții de microstațiune definite în funcție de gradul de acoperire cu coronamentul arboretului remanent, respectiv: sub coronament complet, sub coronament parțial și pe suprafețe complet descoperite.

În cadrul fiecărei repetiții au fost plantați atât puieți tratați cu produsele experimentale – hidrogel Agrisorb, tablete hidroabsorbante H₂O și preparatul microbiologic Bactériosol, cât și puieți netratați, utilizați ca variantă martor. Această organizare experimentală a permis evaluarea simultană a eficienței fiecărui tratament și a interacțiunii dintre tehnologiile aplicate și condițiile de microstațiune generate de diferitele grade de acoperire a coronamentului.

Structura dispozitivului experimental și distribuția variantelor în cadrul obiectului demonstrativ sunt prezentate în (**Figura 5.6.**).

În cadrul obiectului demonstrativ au fost plantați 6.000 de puieți de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.), dintre care 1.080 de puieți au fost utilizați pentru constituirea variantelor experimentale, iar 4.920 de puieți au fost plantați în zonele de protecție care delimitează variantele experimentale. Rolul acestor zone a fost de a reduce influențele reciproce dintre tratamente și de a asigura condiții cât mai uniforme pentru evaluarea efectului tehnologiilor testate asupra dezvoltării culturii forestiere.

Lucrările de împădurire au fost executate prin metoda clasică de plantare în fantă (plantare în despicătură), utilizând cazmaua (spada) forestieră, tehnologie recomandată pentru puieții cu rădăcini nude în condițiile staționale ale amplasamentului. Plantarea a fost realizată de o echipă formată din doi muncitori silvici, sub coordonarea și supravegherea specialiștilor din Republica Moldova și Slovacia, în scopul asigurării respectării metodologiei experimentale și a aplicării unitare a tratamentelor în toate variantele de cercetare.

Imediat după înființarea obiectului demonstrativ a fost efectuată evaluarea inițială a materialului forestier de reproducere, prin determinarea parametrilor biometrici ai tuturor puieților incluși în experiment. Măsurătorile au fost realizate pentru toate cele trei repetiții și pentru fiecare variantă experimentală, în vederea obținerii unui set de date de referință necesar monitorizării ulterioare a evoluției culturii forestiere.

Pentru fiecare puieț au fost determinați doi indicatori biometrici fundamentali, utilizați în evaluarea calității materialului forestier de reproducere și a ritmului de dezvoltare al regenerărilor artificiale, respectiv:



Fig. 5.6. Schema de organizare a dispozitivului experimental în cadrul obiectului demonstrativ

- Înălțimea părții aeriene, măsurată de la colet până la mugurele terminal;
- Diametrul coletului, determinat la nivelul zonei de tranziție dintre tulpină și sistemul radicular.

Valorile acestor parametri constituie datele biometrice inițiale ale experimentului și reprezintă baza de comparație pentru evaluarea ulterioară a influenței hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice asupra procentului de prindere, ritmului de creștere și dezvoltării puieților în perioada de monitorizare. Rezultatele măsurătorilor inițiale sunt prezentate în (**Tabelul 5.2.**).

Tabelul 5.2. Parametrii morfologici inițiali ai puieților de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) utilizați în experiment

Varianta experimentală	Repetiția	Înălțimea părții aeriene (cm)	Diametrul coletului (mm)
Martor	I	25,4	3,7
	II	23,6	3,6
	III	25,8	3,0
Tratarea sistemului radicular cu hidrogel	I	24,8	3,0
	II	23,4	2,9
	III	26,0	3,2
Tabletă hidroabsorbantă	I	21,9	3,2
	II	23,5	3,5
	III	25,8	3,4
Granule microbiologice (<i>Bactériosol</i>)	I	24,8	2,6
	II	22,3	3,1
	III	24,2	3,2

Tabelul 5.2 prezintă valorile medii ale principalilor parametri morfologici ai puietilor de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) determinați înainte de plantare, pentru fiecare variantă experimentală și pentru cele trei repetiții ale dispozitivului experimental. Parametrii analizați au fost înălțimea părții aeriene și diametrul coletului, indicatori utilizați în mod curent pentru evaluarea calității materialului forestier de reproducere și a uniformității loturilor experimentale.

Analiza datelor evidențiază faptul că materialul forestier de reproducere utilizat în cadrul experimentului a prezentat un grad ridicat de uniformitate din punct de vedere biometric. Valorile medii ale înălțimii părții aeriene au variat între 21,9 cm și 26,0 cm, iar diametrul coletului s-a situat în intervalul 2,6-3,7 mm, diferențele dintre variante și repetiții fiind reduse.

În varianta martor, înălțimea medie a puietilor a fost cuprinsă între 23,6 cm și 25,8 cm, iar diametrul coletului a variat între 3,0 mm și 3,7 mm, indicând un material săditor cu caracteristici morfologice corespunzătoare pentru lucrările de regenerare artificială.

Puietii incluși în varianta cu tratarea sistemului radicular au prezentat valori apropiate de cele ale variantei martor, înălțimea medie fiind cuprinsă între 23,4 cm și 26,0 cm, iar diametrul coletului între 2,9 mm și 3,2 mm, ceea ce demonstrează comparabilitatea materialului biologic utilizat în experiment.

În cazul variantei cu tableta hidroabsorbantă, valorile înălțimii au fost cuprinse între 21,9 cm și 25,8 cm, iar diametrul coletului între 3,2 mm și 3,5 mm, fără a evidenția diferențe importante față de celelalte variante experimentale.

Pentru varianta în care s-a aplicat preparatul microbiologic sub formă de granule nitrificatoare, înălțimea medie a puietilor a variat între 22,3 cm și 24,8 cm, iar diametrul coletului între 2,6 mm și 3,2 mm, încadrându-se în limite similare celor înregistrate pentru celelalte tratamente.

În ansamblu, analiza parametrilor morfologici inițiali demonstrează că loturile experimentale au fost constituite din puieti cu caracteristici biometrice comparabile, ceea ce asigură condiții metodologice adecvate pentru evaluarea obiectivă a influenței tratamentelor aplicate asupra procesului de prindere și dezvoltare a culturii forestiere. Uniformitatea materialului forestier de reproducere reduce influența variabilității inițiale asupra rezultatelor experimentale și permite atribuirea diferențelor observate pe parcursul monitorizării efectelor generate de hidrogeluri și de preparatul microbiologic utilizat.

5.3. EVALUAREA OBIECTULUI DEMONSTRATIV

Evaluarea obiectului demonstrativ a fost realizată în perioada 23-25 martie 2026, la aproximativ un an de la înființarea culturii forestiere. Scopul acestei evaluări a fost determinarea gradului de instalare a puietilor de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) și aprecierea eficienței tehnologiilor inovatoare utilizate în cadrul experimentului, respectiv aplicarea hidrogelurilor și a preparatului microbiologic Bactériosol.

Monitorizarea culturii forestiere s-a concentrat asupra determinării procentului de prindere (supraviețuire) al puietilor din fiecare variantă experimentală și din fiecare repetiție, indicator care reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri utilizați în evaluarea succesului lucrărilor de regenerare artificială.

Rezultatele obținute au evidențiat un procent redus de prindere a puietilor la nivelul întregii suprafețe experimentale (**Tabelul 5.3.**), situație determinată în principal de acțiunea cumulativă a unor factori climatici nefavorabili manifestați imediat după plantare. La scurt timp după instalarea culturii forestiere, amplasamentul a fost afectat de înghețuri târzii de primăvară, care au coincis cu perioada critică de adaptare fiziologică a puietilor. Ulterior, pe parcursul sezonului de vegetație,

deficitul accentuat de precipitații și temperaturile ridicate au generat un stres hidric sever, limitând capacitatea de regenerare a sistemului radicular și compromițând procesul de instalare a puieților.

În aceste condiții, mortalitatea înregistrată a redus semnificativ numărul exemplarelor viabile, fapt care nu a permis efectuarea unei analize statistice relevante asupra parametrilor de creștere biometrică. Prin urmare, evaluarea s-a limitat la analiza procentului de prindere, acesta reprezentând singurul indicator care a putut fi determinat în mod obiectiv în primul an după plantare.

Tabelul 5.3. Procentul de prindere al puieților de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) după primul sezon de vegetație

Varianta experimentală	Procentul de prindere (%)
Martor	6
Tratarea sistemului radicular cu hidrogel	7
Tabletă hidroabsorbantă	12
Preparat microbiologic (Bactériosol)	6

Rezultatele prezentate în (**Tabelul 5.3.**) evidențiază un procent foarte redus de prindere a puieților de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) în toate variantele experimentale evaluate după primul sezon de vegetație. Valorile înregistrate, cuprinse între 6% și 12%, indică faptul că instalarea culturii forestiere a fost puternic afectată de condițiile climatice nefavorabile manifestate în perioada imediat următoare plantării.

Cea mai ridicată rată de prindere (12%) a fost înregistrată în varianta în care s-au utilizat tablete hidroabsorbante, ceea ce sugerează că această tehnologie a contribuit la îmbunătățirea disponibilității apei în zona sistemului radicular în perioada critică de adaptare a puieților. Comparativ cu varianta martor, în care procentul de prindere a fost de numai 6%, utilizarea tabletelor hidroabsorbante a determinat o dublare a procentului de supraviețuire, chiar dacă valoarea absolută a rămas redusă.

În varianta în care sistemul radicular a fost tratat cu hidrogel, procentul de prindere a fost de 7%, ceea ce indică o îmbunătățire modestă față de lotul martor. De asemenea, aplicarea preparatului microbiologic Bactériosol nu a condus la o creștere a procentului de prindere în primul sezon de vegetație, fiind înregistrată aceeași valoare (6%) ca în varianta netratată.

Diferențele reduse dintre variante evidențiază faptul că influența tratamentelor aplicate a fost diminuată de severitatea condițiilor climatice înregistrate în anul 2025 la nivelul întregii suprafețe experimentale. Înghețurile târzii produse imediat după plantare, urmate de un deficit pluviometric accentuat și de temperaturi ridicate în perioada de vegetație, au generat un stres abiotic sever, care a limitat capacitatea puieților de a se adapta la noile condiții staționale.

În aceste condiții, eficiența hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice trebuie interpretată în contextul particular al anului de studiu. Deși tehnologiile testate au demonstrat în cercetările anterioare capacitatea de a îmbunătăți disponibilitatea apei și dezvoltarea sistemului radicular, condițiile meteorologice extreme au reprezentat factorul determinant al mortalității puieților, diminuând efectul pozitiv al tratamentelor.

Rezultatele obținute confirmă importanța integrării tehnologiilor inovatoare de împădurire cu măsuri silvotehnice adaptate condițiilor climatice locale și evidențiază necesitatea monitorizării pe termen lung a culturilor forestiere, pentru evaluarea eficienței tratamentelor în condiții climatice variabile. Aceste constatări susțin, totodată, necesitatea dezvoltării unor tehnologii de regenerare artificială capabile să crească reziliența culturilor forestiere în contextul intensificării fenomenelor climatice extreme asociate schimbărilor climatice.

Rezultatele obținute în primul an de monitorizare evidențiază faptul că procentul redus de prindere a puieților nu poate fi atribuit exclusiv condițiilor climatice nefavorabile, dar și unor factori tehnologici care au influențat negativ procesul de instalare a culturii forestiere. Un factor determinant l-a constituit epoca tardivă de plantare, când materialul forestier de reproducere intrase deja în faza activă de vegetație, iar mugurii erau complet dezvoltati. În aceste condiții, transplantarea a provocat un stres fiziologic accentuat, manifestat prin reducerea capacității de regenerare a sistemului radicular și diminuarea rezistenței puieților la factorii de stres abiotic.

În literatura de specialitate este bine documentat faptul că plantarea puieților cu rădăcini nude după declanșarea vegetației determină creșterea intensității șocului de transplantare, deoarece balanța dintre absorbția apei prin rădăcini și transpirația realizată de partea aeriană este puternic dezechilibrată. În cazul obiectului demonstrativ, această situație a fost amplificată de instalarea înghețurilor târzii de primăvară și de deficitul pluviometric înregistrat ulterior, ceea ce a condus la un procent foarte redus de supraviețuire.

Dintre variantele experimentale analizate, cea în care au fost utilizate tabletele hidroabsorbante a înregistrat cele mai bune rezultate privind procentul de prindere. Acest fapt sugerează că hidrogelul a contribuit la ameliorarea regimului hidric din zona rizosferei prin acumularea apei provenite din precipitații și eliberarea treptată a acesteia către sistemul radicular. În consecință, disponibilitatea apei în imediata vecinătate a rădăcinilor a fost menținută pentru o perioadă mai îndelungată, reducând intensitatea stresului hidric în faza critică de instalare a puieților.

În scopul verificării eficienței tehnologiilor testate în condiții mai favorabile de plantare, în decembrie 2025 obiectul demonstrativ a fost reînființat pe aceeași suprafață experimentală, utilizând același dispozitiv experimental și aceleași variante tehnologice aplicate în cadrul plantării din primăvara anului 2025. Alegerea unei plantări de toamnă a avut ca obiectiv valorificarea umidității specifice sezonului rece și reducerea riscului asociat plantărilor efectuate în perioada de pornire în vegetație.

În decembrie 2025, pe aceeași suprafață a avut loc o plantare în care au fost utilizate aceleași variante ca și în cazul plantării din anul 2025. S-a evaluat vizual starea de supraviețuire peste iarnă, iar la aproximativ 30–40% dintre exemplarele de stejar plantate s-a înregistrat deteriorarea mugurelui terminal – ros de către vânat (**Fig. 5.6.**). La aproximativ 15% dintre arborii plantați s-a înregistrat o poziție înclinată, ceea ce a fost cauzat, probabil, de înghețul solului (**Fig.5.7.**).



Fig. 5.6. Vătămarea mugurelui terminal al puieților de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) provocată de cervide, ca urmare a consumului lăstarilor terminali în perioada de repaus vegetativ (Foto: Sarvaș)



Fig. 5.7. Înclinarea puieților de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) ca urmare a fenomenului de ridicare prin îngheț a solului, observată după primul sezon de iernare (Foto: Sarvaș)

Rezultatele obținute evidențiază că succesul plantărilor de toamnă depinde nu numai de condițiile meteorologice și de tehnologia de plantare, dar și de măsurile de protecție aplicate ulterior înființării culturii forestiere. În zonele cu densități ridicate ale populațiilor de ungulate sălbatice, este necesară adoptarea unor măsuri eficiente pentru prevenirea vătămării puieților prin rosături și consumul lăstarilor terminali. Protecția poate fi realizată prin împrejmuirea întregii suprafețe împădurite, soluție cu eficiență ridicată, dar cu costuri investiționale considerabile, sau prin protecția individuală a puieților, utilizând tuburi protectoare, repelente ori tratamente aplicate asupra lăstarului terminal, metode care reduc costurile și permit protejarea selectivă a materialului forestier de reproducere.

În ceea ce privește limitarea fenomenului de ridicare prin îngheț, rezultatele experimentului indică necesitatea optimizării perioadei de plantare. Amânarea plantării până într-un interval care permite dezvoltarea rădăcinilor absorbante înainte de instalarea înghețurilor persistente poate favoriza ancorarea mai eficientă a puieților în sol și creșterea stabilității acestora pe parcursul iernii. Dezvoltarea sistemului radicular în perioada de toamnă contribuie la reducerea efectelor proceselor de îngheț-dezgheț asupra poziției puieților și la îmbunătățirea capacității acestora de a relua vegetația în primăvara următoare.

În ansamblu, rezultatele obținute în cadrul obiectului demonstrativ evidențiază faptul că succesul regenerării artificiale este determinat de interacțiunea complexă dintre calitatea materialului forestier de reproducere, tehnologia de plantare, caracteristicile staționale și condițiile climatice. Utilizarea hidrogelurilor și a preparatelor microbiologice poate contribui la ameliorarea procesului de instalare a culturilor forestiere, însă eficiența acestora depinde în mod esențial de alegerea unei epoci optime de plantare și de aplicarea unui ansamblu de măsuri silvotehnice adaptate condițiilor ecologice ale amplasamentului. Aceste concluzii sunt deosebit de relevante în contextul schimbărilor climatice, care impun dezvoltarea unor tehnologii de regenerare artificială capabile să crească reziliența culturilor forestiere la stresul abiotic și la variabilitatea climatică.

**6.1. ROLUL EDUCAȚIEI FORESTIERE ÎN PROMOVAREA GESTIONĂRII
DURABILE A PĂDURILOR**

Pădurile reprezintă unele dintre cele mai complexe și valoroase ecosisteme terestre, având un rol fundamental în menținerea echilibrului ecologic, conservarea biodiversității și asigurarea bunăstării societății. Dincolo de funcția lor tradițională de producere a masei lemnoase, ecosistemele forestiere furnizează o gamă largă de servicii ecosistemice, incluzând funcții de reglare, suport, producție și funcții culturale, contribuind la atenuarea schimbărilor climatice, reglarea circuitului apei, conservarea solurilor, stocarea carbonului și menținerea diversității biologice (Čaboun, 2008).

În contextul intensificării schimbărilor climatice și al creșterii presiunilor antropice asupra resurselor naturale, pădurile dobândesc o importanță strategică pentru dezvoltarea durabilă. Cu toate acestea, percepția publică asupra rolului pădurilor este, în multe cazuri, limitată la funcția economică, fără o înțelegere suficientă a complexității proceselor ecologice și a beneficiilor multiple generate de ecosistemele forestiere. Această percepție incompletă poate reduce nivelul de acceptare socială a măsurilor de gospodărire forestieră și al intervențiilor necesare pentru conservarea și restaurarea ecosistemelor forestiere.

În acest context, educația forestieră și creșterea gradului de conștientizare a populației reprezintă instrumente esențiale pentru promovarea gestionării durabile a pădurilor și pentru dezvoltarea unei societăți responsabile față de mediul înconjurător. Conform principiilor promovate de UNESCO (2023) și FAO (2024), educația pentru dezvoltare durabilă trebuie să contribuie la formarea competențelor necesare înțelegerii relației dintre activitățile umane și funcționarea ecosistemelor naturale, facilitând adoptarea unor decizii bazate pe cunoaștere științifică și responsabilitate ecologică.

Competența în domeniul mediului și al științelor naturii presupune capacitatea indivizilor de a înțelege procesele ecologice, de a interpreta informațiile științifice și de a participa activ la soluționarea problemelor de mediu. În cazul ecosistemelor forestiere, aceasta implică înțelegerea principiilor de funcționare a pădurii, a serviciilor ecosistemice furnizate, a impactului schimbărilor climatice și a necesității aplicării unor practici de gospodărire forestieră durabilă.

Creșterea gradului de conștientizare privind importanța pădurilor trebuie privită ca un proces educațional continuu, desfășurat pe tot parcursul vieții, prin care sunt dezvoltate cunoștințe, competențe, valori și atitudini favorabile conservării și utilizării durabile a resurselor forestiere. Acest proces depășește transmiterea unor informații descriptive despre speciile forestiere sau tehnologiile silvice și urmărește dezvoltarea unei înțelegeri integrate asupra pădurii ca sistem socio-ecologic complex, în cadrul căruia componentele ecologice, economice și sociale sunt strâns interdependente (Sprutová, 2013).

Un element central al educației forestiere îl constituie familiarizarea publicului cu conceptul serviciilor ecosistemice forestiere. Înțelegerea funcțiilor de protecție, reglare climatică, conservare a biodiversității, producție și recreere contribuie la dezvoltarea unei percepții echilibrate asupra rolului pădurilor în societate. Totodată, educația forestieră facilitează înțelegerea unor probleme globale precum schimbările climatice, degradarea terenurilor, fragmentarea habitatelor, pierderea biodiversității și rolul pădurilor în sechestrarea carbonului (FAO, ITTO și IUFRO, 2022).

Potrivit cadrului conceptual elaborat de UNESCO (2026), educația pentru dezvoltare durabilă trebuie să dezvolte simultan trei dimensiuni complementare ale învățării: dimensiunea cognitivă, orientată spre dobândirea cunoștințelor și dezvoltarea gândirii critice; dimensiunea socio-emoțională, axată pe formarea valorilor și atitudinilor favorabile protecției mediului; și dimensiunea comportamentală, care urmărește aplicarea practică a cunoștințelor prin adoptarea unui comportament responsabil față de resursele naturale.

În acest context, creșterea gradului de conștientizare privind importanța pădurilor contribuie nu numai la îmbunătățirea nivelului de alfabetizare ecologică, ci și la consolidarea sprijinului public pentru politicile de conservare, restaurare și gospodărire durabilă a pădurilor, precum și la dezvoltarea unei cetățenii active implicate în protecția mediului.

Educația pentru mediu constituie una dintre componentele fundamentale ale politicilor moderne de dezvoltare durabilă și joacă un rol determinant în formarea unei relații responsabile între societate și ecosistemele forestiere. În Slovacia, educația pentru mediu este implementată atât prin sistemul formal de învățământ, cât și prin activități desfășurate în cadrul educației nonformale.

Educația formală integrează principiile protecției mediului în curriculumul național și promovează abordarea interdisciplinară a problematicii forestiere în cadrul diferitelor discipline școlare. În paralel, educația nonformală este realizată prin intermediul instituțiilor silvice, administrațiilor ariilor protejate, organizațiilor neguvernamentale și centrelor educaționale, utilizând metode interactive și experiențiale adaptate diferitelor categorii de public (Loyová et al., 2018).

Activitățile de educație forestieră includ organizarea de excursii tematice, ateliere practice, expoziții, conferințe, zile ale porților deschise, campanii de informare, publicații educaționale și platforme multimedia interactive. Aceste instrumente facilitează transferul cunoștințelor științifice către publicul larg și contribuie la creșterea nivelului de înțelegere a rolului pădurilor în societate (Navrátil, citat în Sarvašová, 2016).

Un rol deosebit îl ocupă pedagogia forestieră, concept dezvoltat și implementat cu succes în Slovacia și în alte state europene. Pedagogia forestieră reprezintă o formă de educație experiențială care utilizează ecosistemul forestier ca spațiu de învățare și urmărește dezvoltarea unei relații responsabile față de natură prin contact direct cu mediul forestier.

Activitățile sunt coordonate de pedagogi forestieri certificați, care utilizează metode participative, observații în teren, jocuri educative și activități practice pentru a facilita înțelegerea proceselor ecologice și a principiilor gospodăririi durabile a pădurilor. Aceste metode stimulează nu doar acumularea de cunoștințe, ci și dezvoltarea gândirii critice, a responsabilității civice și a comportamentului proecologic (Marušáková, 2011).

În Slovacia, programele de pedagogie forestieră promovează înțelegerea funcțiilor multiple ale pădurilor, a activităților silvice, a rolului silvicultorului în conservarea patrimoniului forestier și a principiilor managementului durabil al faunei cinegetice. Totodată, acestea contribuie la consolidarea imaginii profesiei silvice și la dezvoltarea dialogului dintre sectorul forestier și societate.

Experiența slovacă demonstrează că pedagogia forestieră reprezintă un instrument eficient de comunicare și educație, cu rezultate semnificative în creșterea nivelului de cultură forestieră a populației și în consolidarea sprijinului public pentru gestionarea durabilă a pădurilor. Adaptarea și implementarea unor programe similare în Republica Moldova ar putea contribui la dezvoltarea unei culturi forestiere moderne, la promovarea implicării comunităților locale în activitățile de împădurire și restaurare forestieră și la creșterea rezilienței societății în fața provocărilor generate de schimbările climatice.

6.2. EXEMPLE DE BUNE PRACTICI ÎN IMPLEMENTAREA PROGRAMELOR DE PEDAGOGIE FORESTIERĂ ÎN SLOVACIA

Experiența Slovaciei în domeniul pedagogiei forestiere reprezintă un model de bună practică la nivel european privind dezvoltarea educației forestiere și creșterea gradului de conștientizare a societății asupra importanței gestionării durabile a pădurilor. În ultimele două decenii, pedagogia forestieră s-a consolidat ca un instrument modern de educație pentru mediu, fundamentat pe principiile învățării experiențiale, participative și interdisciplinare, fiind implementată prin programe educaționale adaptate diferitelor categorii de beneficiari.

Modelul slovac pune accent pe contactul direct cu ecosistemul forestier, utilizarea metodelor interactive și implicarea activă a participanților în procesul de învățare. Activitățile sunt construite astfel încât să stimuleze percepția senzorială, observația, cercetarea și experimentarea, facilitând înțelegerea proceselor ecologice și dezvoltarea unei relații responsabile cu pădurea.

Scopul pedagogiei forestiere depășește transmiterea informațiilor privind structura și funcționarea ecosistemelor forestiere. Aceasta urmărește dezvoltarea unor valori și atitudini compatibile cu principiile dezvoltării durabile, consolidarea alfabetizării ecologice și formarea unui comportament responsabil față de conservarea și utilizarea durabilă a resurselor forestiere.

În Slovacia, pedagogia forestieră beneficiază de peste 25 de ani de dezvoltare instituțională și metodologică, fiind coordonată la nivel național de Centrul Național Silvic din Zvolen. Începând cu anul 2001, programele educaționale au fost dezvoltate sistematic prin colaborarea dintre instituțiile de cercetare, universități, administrația forestieră și organizațiile educaționale, fiind permanent adaptate cerințelor societății și recomandărilor internaționale privind educația pentru dezvoltare durabilă.

Un principiu fundamental al sistemului slovac îl constituie adaptarea conținutului educațional la particularitățile fiecărui grup țintă, astfel încât metodele pedagogice și nivelul informațiilor să corespundă vârstei, experienței și intereselor participanților. Această abordare contribuie la creșterea eficienței procesului educațional și la consolidarea efectelor pe termen lung asupra comportamentului față de natură.

6.2.1. PROGRAME DE PEDAGOGIE FORESTIERĂ PENTRU ÎNVĂȚĂMÂNTUL PREȘCOLAR

Educația forestieră destinată copiilor de vârstă preșcolară reprezintă una dintre componentele fundamentale ale sistemului slovac de pedagogie forestieră. Programele sunt implementate de pedagogi forestieri certificați și se desfășoară atât în mediul forestier, cât și în grădinițe sau în spațiile exterioare ale instituțiilor de învățământ.

Activitățile educaționale sunt elaborate în concordanță cu Programul Educațional de Stat ISCED 0, în cadrul domeniului curricular „Omul și natura”, și urmăresc dezvoltarea relației afective dintre copil și mediul natural încă din primii ani de viață.

Procesul educațional utilizează metode specifice învățării experiențiale, bazate pe jocuri didactice, activități de explorare, observații directe și experimente simple realizate în natură. Tematicile abordate includ biologia arborilor, biodiversitatea forestieră, fauna pădurii, ciclurile naturale și rolul silviculturului în gestionarea ecosistemelor forestiere.

Un element important îl reprezintă programul de formare continuă „Pedagogia forestieră în practica educațională”, destinat cadrelor didactice din învățământul preșcolar și primar. Programul, organizat de Centrul Național Silvic, oferă profesorilor competențe metodologice și instrumente practice pentru integrarea educației forestiere în activitățile didactice curente.

6.2.2. PROGRAMUL „PĂDUREA ASCUNSĂ ÎNTR-O CARTE”

Programul „Pădurea ascunsă într-o carte” constituie un exemplu de colaborare interdisciplinară între pedagogii forestieri și bibliotecile publice. Scopul principal al proiectului este dezvoltarea simultană a interesului copiilor pentru lectură, natură și protecția mediului.

Activitățile sunt adresate în principal elevilor din ciclul primar și constau în sesiuni de lectură a unor povești cu tematică forestieră, urmate de discuții interactive, ateliere creative și activități experiențiale prin care sunt explicate procesele ecologice specifice ecosistemelor forestiere.

Prin îmbinarea educației literare cu educația forestieră, proiectul contribuie atât la dezvoltarea competențelor de lectură, cât și la consolidarea cunoștințelor privind funcțiile și importanța pădurilor.

6.2.3. UNIVERSITATEA FORESTIERĂ PENTRU COPII

Universitatea Forestieră pentru Copii reprezintă unul dintre cele mai apreciate programe educaționale implementate de Centrul Național Silvic în colaborare cu Facultatea de Silvicultură și Științele Lemnului din cadrul Universității Tehnice din Zvolen.

Programul este destinat elevilor din ciclul primar și urmărește familiarizarea acestora cu principiile funcționării ecosistemelor forestiere, gestionarea durabilă a pădurilor și activitatea de cercetare desfășurată în domeniul silviculturii.

Structura programului combină prelegeri interactive, demonstrații practice, activități experimentale și aplicații în teren, facilitând integrarea cunoștințelor teoretice cu experiența practică. Participanții au posibilitatea de a interacționa cu cercetători, cadre universitare și specialiști silvici, familiarizându-se cu metodele moderne de cercetare și management forestier.

Finalizarea programului este marcată printr-o ceremonie festivă în cadrul căreia participanții primesc diploma simbolică de „Absolvent al Universității Forestiere pentru Copii”, element care contribuie la creșterea motivației și consolidarea interesului pentru domeniul forestier.

6.2.4. PROGRAMUL DE PEDAGOGIE FORESTIERĂ PENTRU LICEE

Programul destinat elevilor din învățământul liceal urmărește dezvoltarea unei înțelegeri critice asupra rolului pădurilor și prezentarea silviculturii ca domeniu științific și profesional modern, capabil să răspundă provocărilor generate de schimbările climatice și de degradarea ecosistemelor.

Activitățile sunt organizate în instituții forestiere și în teren și includ vizite de studiu, ateliere tematice, demonstrații practice, aplicații în pădure și sesiuni de dialog între elevi și specialiști.

Un element inovator îl constituie utilizarea metodei World Café, prin care participanții discută teme actuale privind conservarea biodiversității, schimbările climatice, exploatarea durabilă a pădurilor și rolul silvicultorului în societate. Aceste activități contribuie la dezvoltarea gândirii critice și la combaterea informațiilor eronate privind gospodărirea pădurilor.

6.2.5. ZILELE SILVICULTURII

Zilele Silviculturii reprezintă cea mai importantă campanie națională de promovare a sectorului forestier din Slovacia, fiind organizată anual începând cu anul 2007. Campania este coordonată de Centrul Național Silvic în colaborare cu administrațiile forestiere, universități, organizații profesionale și autorități publice și este dedicată promovării rolului pădurilor și al profesiei de silvicultor.

Programul include expoziții tematice, demonstrații practice, ateliere interactive, concursuri, activități de pedagogie forestieră și prezentări ale tehnologiilor moderne utilizate în gospodărirea pădurilor. Evenimentele sunt organizate în spații publice și facilitează dialogul direct dintre specialiști și public.

Tematica anuală este armonizată cu mesajele promovate cu ocazia Zilei Internaționale a Pădurilor (21 martie) și Zilei Pământului (22 aprilie), contribuind la creșterea vizibilității problemelor de mediu și la promovarea gestionării durabile a resurselor forestiere.

6.2.6. PROGRAMUL „PĂDURILE CONECTEAZĂ GENERAȚIILE”

Programul „Pădurile conectează generațiile” promovează dialogul intergenerațional prin intermediul activităților desfășurate în mediul forestier. Obiectivul principal constă în facilitarea transferului de cunoștințe, experiențe și valori între generațiile vârstnice și cele tinere, utilizând pădurea ca spațiu educațional și social. Activitățile includ excursii tematice, ateliere practice, plantări de arbori, jocuri educative și sesiuni de povestire, în cadrul cărora seniorii transmit experiența acumulată privind utilizarea și protecția pădurilor. Prin această abordare, pedagogia forestieră contribuie simultan la consolidarea coeziunii sociale, dezvoltarea responsabilității față de mediul înconjurător și promovarea continuității valorilor asociate gospodăririi durabile a pădurilor.

Experiența Slovaciei demonstrează că pedagogia forestieră reprezintă un instrument eficient de educație pentru mediu și de comunicare publică în domeniul silviculturii. Diversitatea programelor implementate, adaptarea acestora la particularitățile diferitelor categorii de beneficiari și colaborarea dintre instituțiile de cercetare, sistemul educațional și administrația forestieră au contribuit la dezvoltarea unei culturi forestiere solide și la creșterea nivelului de alfabetizare ecologică a populației.

Modelul slovac poate constitui o sursă valoroasă de inspirație pentru dezvoltarea unui sistem național de pedagogie forestieră în Republica Moldova. Adaptarea acestor bune practici la condițiile locale ar putea sprijini formarea unei societăți mai bine informate, capabile să înțeleagă valoarea multifuncțională a pădurilor și să participe activ la conservarea, restaurarea și gestionarea durabilă a ecosistemelor forestiere, în concordanță cu obiectivele politicilor europene și internaționale privind dezvoltarea durabilă.

Republica Moldova se caracterizează printr-un grad redus de împădurire, situație care amplifică vulnerabilitatea teritoriului național la efectele schimbărilor climatice, degradarea terenurilor, eroziunea hidrică și eoliană, diminuarea resurselor de apă, fragmentarea habitatelor și pierderea biodiversității. În aceste condiții, extinderea și reabilitarea suprafețelor forestiere constituie o prioritate strategică pentru consolidarea securității ecologice a țării și pentru creșterea rezilienței peisajelor rurale.

Programul Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor pentru perioada 2023–2032 reprezintă una dintre cele mai importante inițiative de restaurare ecologică și dezvoltare durabilă implementate în Republica Moldova după obținerea independenței. Importanța acestui program derivă nu doar din obiectivul de creștere a suprafețelor împădurite, ci și din potențialul său de a contribui la refacerea funcțiilor ecologice ale terenurilor degradate, reducerea riscurilor climatice și consolidarea serviciilor ecosistemice furnizate de păduri.

Analiza situației actuale evidențiază existența unui potențial semnificativ pentru extinderea fondului forestier național, susținut de disponibilitatea terenurilor degradate, de infrastructura existentă a pepinierelor silvice, de experiența instituțională acumulată în domeniul regenerării artificiale și de sprijinul acordat de autoritățile publice și partenerii internaționali. Totodată, implementarea programului este condiționată de depășirea unor constrângeri structurale importante, precum nivelul insuficient de modernizare a infrastructurii tehnologice, deficitul de personal specializat, capacitatea limitată de producere a materialului forestier de reproducere de calitate superioară, lipsa sistemelor performante de irigare și monitorizare, precum și vulnerabilitatea ridicată a culturilor forestiere la secetă, înghețuri târzii și alte fenomene climatice extreme.

Rezultatele analizate în cadrul lucrării confirmă faptul că succesul lucrărilor de împădurire nu trebuie apreciat exclusiv prin prisma numărului de puieți plantați sau a suprafețelor raportate anual, dar mai ales prin capacitatea culturilor forestiere de a supraviețui, de a se dezvolta și de a forma, în timp, arborete stabile, funcționale și ecologic reziliente. Din această perspectivă, monitorizarea post-plantare, calitatea materialului forestier de reproducere, adaptarea tehnologiilor de plantare la condițiile staționale și integrarea măsurilor de protecție împotriva factorilor climatici și biotici devin elemente esențiale ale unei politici forestiere eficiente.

Experiența Slovaciei demonstrează că modernizarea tehnologiilor silvice poate contribui semnificativ la creșterea eficienței regenerărilor artificiale. Utilizarea materialului forestier de reproducere cu rădăcini protejate, aplicarea hidrogelurilor, introducerea preparatelor microbiologice, dezvoltarea sistemelor de monitorizare post-plantare și implementarea programelor de pedagogie forestieră reprezintă direcții relevante care pot fi adaptate și valorificate în contextul Republicii Moldova.

În ansamblu, implementarea Programului Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor trebuie abordată ca un proces integrat de restaurare a peisajelor degradate, adaptare la schimbările climatice și dezvoltare rurală durabilă. Reușita acestuia depinde de capacitatea instituțiilor responsabile de a combina investițiile tehnologice cu fundamentarea științifică, planificarea teritorială, implicarea comunităților locale și monitorizarea pe termen lung a rezultatelor.

RECOMANDĂRI PRIORITARE PENTRU REPUBLICA MOLDOVA

1. Modernizarea infrastructurii pepinierelor silvice

Pentru perioada imediată se recomandă modernizarea treptată a pepinierelor silvice existente și transformarea acestora în centre performante de producere a materialului forestier de reproducere. Această modernizare trebuie să includă dezvoltarea sistemelor automatizate de irigare, construirea bazinelor de acumulare și valorificare a apelor pluviale, dotarea cu echipamente moderne pentru semănat, repicare, sortare, manipulare și transport al puieților, precum și digitalizarea proceselor de evidență și planificare a producției.

Această măsură este esențială pentru asigurarea volumelor necesare de material săditor, dar și pentru creșterea calității morfologice și fiziologice a puieților utilizați în lucrările de împădurire.

2. Dezvoltarea producției de material forestier containerizat

În condițiile intensificării secetelor și ale creșterii frecvenței temperaturilor extreme, se recomandă introducerea graduală a tehnologiilor de producere a puieților cu rădăcini protejate. Materialul forestier containerizat prezintă avantaje importante față de puieții cu rădăcini nude, inclusiv un procent mai ridicat de prindere, reducerea șocului de transplantare, posibilitatea extinderii perioadei de plantare, dezvoltarea mai rapidă a sistemului radicular și o rezistență sporită la stresul hidric.

Această tehnologie trebuie promovată cu prioritate în regiunile sudice, sud-estice și centrale ale Republicii Moldova, unde deficitul hidric și aridizarea reprezintă factori limitativi majori pentru instalarea culturilor forestiere.

3. Prioritizarea terenurilor cu risc ridicat de degradare

Resursele financiare și tehnice disponibile trebuie orientate prioritar către terenurile cu valoare ecologică și socială ridicată pentru restaurare. În această categorie se includ terenurile afectate de eroziune severă, zonele cu procese active de alunecări de teren, terenurile agricole abandonate și neproductive, suprafețele afectate de aridizare și deșertificare, precum și coridoarele ecologice situate de-a lungul râurilor Prut și Nistru.

Această abordare permite maximizarea beneficiilor ecologice, economice și sociale ale investițiilor în împădurire și contribuie la refacerea conectivității ecologice la nivel de peisaj.

4. Refacerea și extinderea perdelelor forestiere de protecție

Refacerea sistemului național de perdele forestiere de protecție trebuie tratată ca o măsură prioritară de adaptare la schimbările climatice. Perdelele forestiere contribuie la reducerea vitezei vântului, diminuarea eroziunii eoliene, conservarea umidității solului, protecția culturilor agricole, stabilizarea microclimatului local și îmbunătățirea conectivității ecologice.

Se recomandă inventarierea perdelelor forestiere existente, evaluarea stării lor fitosanitare și funcționale, restaurarea sectoarelor degradate, extinderea rețelei în regiunile sudice și centrale ale țării și integrarea perdelelor forestiere în politicile agricole, de gestionare a apei și de adaptare climatică.

5. Consolidarea resurselor umane și a sistemului de instruire profesională

Succesul pe termen lung al programului depinde în mod direct de existența unui corp profesional suficient, bine pregătit și motivat. Se recomandă revitalizarea învățământului forestier, dezvoltarea programelor de formare continuă pentru personalul silvic, organizarea schimburilor de experiență cu instituțiile forestiere europene și crearea unor mecanisme de motivare pentru atragerea tinerilor specialiști în sectorul forestier.

De asemenea, este necesară consolidarea competențelor în domenii emergente precum producerea materialului forestier containerizat, utilizarea sistemelor GIS, monitorizarea proceselor și lucrărilor cu drone, restaurarea ecosistemelor degradate, adaptarea la schimbările climatice și comunicarea publică în domeniul silvic.

6. Implementarea unui sistem național de monitorizare a plantațiilor forestiere

Se recomandă instituirea unui sistem integrat de monitorizare a plantațiilor forestiere, care să permită evaluarea anuală a procentului de prindere, stării fitosanitare, creșterilor în înălțime și diametru, mortalității, necesității completărilor și eficienței investițiilor publice. Monitorizarea trebuie să combine observațiile de teren cu tehnologii moderne, precum imagini satelitare, drone, baze de date geospațiale și platforme GIS. Un astfel de sistem ar permite creșterea transparenței, fundamentarea deciziilor manageriale și orientarea resurselor către suprafețele care necesită intervenții prioritare.

7. Promovarea speciilor autohtone și conservarea diversității genetice

Viitoarele culturi forestiere trebuie să se bazeze cu prioritate pe specii autohtone adaptate condițiilor pedoclimatice locale și capabile să asigure stabilitatea ecosistemelor forestiere pe termen lung. Se recomandă extinderea bazei de semințe certificate, conservarea resurselor genetice forestiere, utilizarea amestecurilor de specii și testarea controlată a unor proveniențe adaptate scenariilor climatice viitoare.

Diversitatea genetică și compozițională trebuie privită ca un element esențial al rezilienței ecosistemelor forestiere, contribuind la reducerea vulnerabilității față de secetă, dăunători, boli și alte perturbări.

8. Integrarea împăduririi în dezvoltarea rurală durabilă

Împădurirea trebuie abordată nu doar ca intervenție ecologică, ci și ca instrument de dezvoltare rurală. Implicarea autorităților publice locale, a proprietarilor de terenuri, a comunităților rurale și a sectorului privat este esențială pentru asigurarea sustenabilității programului.

În context, se recomandă dezvoltarea mecanismelor de plăți pentru servicii ecosistemice, stimularea participării proprietarilor privați la lucrările de împădurire, susținerea antreprenoriatului verde și valorificarea durabilă a produselor forestiere lemnoase și nelemnoase.

9. Dezvoltarea educației forestiere și a pedagogiei forestiere

Pentru consolidarea sprijinului public față de Programul Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor, se recomandă dezvoltarea unui sistem național de educație forestieră, inspirat din bunele practici europene, inclusiv din experiența Slovaciei.

Pedagogia forestieră poate contribui la creșterea gradului de conștientizare a populației privind funcțiile multiple ale pădurilor, la consolidarea culturii forestiere și la implicarea comunităților în activități de plantare, îngrijire și protecție a pădurilor. Programele educaționale trebuie adaptate diferitelor grupuri țintă, inclusiv copii, tineri, cadre didactice, autorități locale, proprietari de terenuri și publicul larg.

Implementarea cu succes a Programului Național de Extindere și Reabilitare a Pădurilor poate transforma Republica Moldova într-un model regional de restaurare a peisajelor degradate și de adaptare la schimbările climatice. Pentru atingerea acestui obiectiv este necesară trecerea de la o abordare cantitativă, axată exclusiv pe suprafețe plantate, la o abordare calitativă și funcțională, orientată spre supraviețuirea, dezvoltarea și stabilitatea pe termen lung a arboretelor create.

Investițiile trebuie orientate prioritar către modernizarea pepinierelor silvice, producerea materialului forestier containerizat, refacerea perdelelor forestiere de protecție, consolidarea capacităților instituționale, dezvoltarea sistemelor moderne de monitorizare și promovarea educației forestiere. Numai printr-o abordare integrată, fundamentată științific și susținută instituțional, Republica Moldova va putea asigura creșterea durabilă a suprafețelor împădurite, consolidarea rezilienței ecologice și îmbunătățirea calității vieții populației.

BIBLIOGRAFIE

1. Aas, G., & Riedmiller, A. (1997). *Stromy*. Vydavateľstvo Slovart.
2. Amann, G. (1993). *Bäume und Sträucher des Waldes*. Naturbuch Verlag.
3. Anonymous. (2006). *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2006*.
4. Barnett, J. P. (1989). *Shading reduces growth of longleaf and loblolly pine seedlings in containers*. Tree Planters' Notes, 40(1), 23–26.
5. Bigras, F. J., & D'Aoust, A. L. (1993). *Influence of photoperiod on shoot and root frost tolerance and bud phenology of white spruce seedlings (Picea glauca)*. Canadian Journal of Forest Research, 23, 219–228.
6. Bigras, F.J., Colombo, J. (2001): *Conifer cold hardiness*. Kluwer Academic Publishers. 596.
7. Bolliger, M., Erben, M., Grau, J., & Heubl, G. R. (1985). *Strauchgehölze*. Mosaik Verlag.
8. Bouranis D.L., Theodoropoulus A.G., Drossopoulus J.B., 1995. *Designing synthetic polymers as soil conditioners*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 26: 1455–1480
9. Boczoń, A., Wróbel, M., & Ptach, W. (2009). *Effects of hydrogel application on growth of seedlings on unproductive forest areas*. Ekologija, 55(1), 9–19
10. Bruchánik, R. (2004). *Budúcnosť musíme vidieť v spojení prirodzenej a umelej obnovy*. Lesokruhy, 3–4, 14–15.
11. Burkart, A. (2000). *Angaben zur Samenernte, Klengung, Samenlagerung, Samenausbeute und Anzucht von Baum- und Straucharten*. In Kulturblätter. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.
12. Colombo, S. J. (1994). *Timing of cold temperature exposure affects root and shoot frost hardiness of Picea mariana container seedlings*. Scandinavian Journal of Forest Research, 9, 52–59.
13. Čaboun, V. (2008). *Človek a les*. Zvolen: Národné lesnícke centrum. ISBN 978-80-8093-060
14. Červenka, M., et al. (1986). *Slovenské botanické názvoslovie*. Príroda.
15. Česká technická norma 48 1211. *Lesní semenářství: Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen lesních dřevin*.
16. Debnárová, G. (2002). *Kontrola kvality semien lesných drevín*. In *Produkcia a používanie reprodukčného materiálu lesných drevín v podmienkach súčasnej legislatívy*. Lesnícky výskumný ústav.
17. Ekberg, I., Eriksson, G., & Dormling, I. (1979). *Photoperiodic reactions in conifer species*. Holarctic Ecology, 2(4), 255–263.
18. Dubský, M., Klváče, S., & Šrámek, F. (1999). *Substráty pro pěstování sadebního materiálu*. In O. Mauer (Ed.), *Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu* (pp. 45–63).

19. Dušek, V. (1997). *Lesní školkařství: Základné údaje*. Matica lesnícka.
20. Dušek, V., & Kotyza, F. (1970). *Moderní lesní školkařství*. SZN.
21. Dunlap, J. R., & Barnett, J. P. (1982). *Germination characteristics of southern pines as influenced by temperature*. In R. W. Guldin & J. P. Barnett (Eds.), *Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference* (pp. 33–36).
22. Edwards, I. K. (1989). *The effect of mineral nutrition on hardening-off of conifer seedlings*. In *Proceedings of the Intermountain Forest Nursery Association* (pp. 98–102). U.S. Forest Service.
23. Endean, F., & Carlson, L. W. (1975). *The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings*. *Canadian Journal of Forest Research*, 5, 55–60.
24. Fløistad, I. S., & Kohmann, K. (2004). *Influence of nutrient supply on spring frost hardiness*. *New Forests*, 27, 1–11.
25. Handreck, K. A., & Black, N. D. (1984). *Growing media for ornamental plants and turf*. University of New South Wales.
26. Hansen, V. E., Israelsen, O. W., & Stringham, G. E. (1979). *Irrigation principles and practices*. John Wiley & Sons.
27. Havis, J. R., & Hamilton, W. W. (1976). *Physical properties of container media*. *Journal of Arboriculture*, 2(7), 139–140.
28. Kantor, J., et al. (1975). *Zakládání lesů a šlechtění lesních dřevin*. Státní zemědělské nakladatelství.
29. Kolektiv. (1994–1995). *Lesnický naučný slovník*. Ministerstvo zemědělství.
30. Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1989). *Seedling nutrition and irrigation (Vol. 4)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
31. Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1990). *Container and growing media (Vol. 2)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
32. Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1992). *Atmospheric environment (Vol. 3)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
33. Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1995). *Nursery planning, development, and management (Vol. 1)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
34. Landis, T. D., Dumroese, R. K., & Haase, D. L. (2008). *The Container Tree Nursery Manual, Volume 7: Seedling Processing, Storage, and Outplanting*. Agriculture Handbook 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
35. Larcher, W. (1985). *Physiological Plant Ecology*. Springer, Berlin.
36. Lindström, A. (1998). *Root deformation and its implications for container-seedling establishment and future quality development*. In C. Almquist (Ed.), *Root development and stability* (pp. 51–60).
37. Lindström, A., & Håkanson, L. (1995). *Going to the root of the evil*. *Canadian Silviculture Magazine*, 3, 14–17.

38. Lopushinsky, W., & Max, T. A. (1990). *Effect of soil temperature on root and shoot growth and on budburst timing in conifer seedling transplants*. New Forests, 4, 107–124.
39. Loyová, D. et al. (2018). *Lesná pedagogika: učebné texty k vzdelávaciemu programu*. Zvolen: Národné lesnícke centrum – Ústav lesníckeho poradenstva a vzdelávania, 112 s. ISBN 978-80-8093-240-4.
40. Marušáková, Ľ., et al (2010). *Lesná pedagogika ako súčasť environmentálnej výchovy na Slovensku: koncepcia rozvoja*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2010. ISBN 978-80-8093-126-1.
41. Mauer, O. (1999). *Technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu*. In O. Mauer (Ed.), *Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu* (pp. 25–44).
42. Mauer, O., et al. (2006). *Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Lesnícká práce, 136.
43. McKay, H. M. (1997). *A review of the effect of stresses*. New Forests, 13, 369–399.
44. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR. (2025). *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2025 – Zelená správa*. <https://www.mpsr.sk/download.php?fID=26522>
45. Němec, J., et al. (1964). *Technická příručka lesnická*. Státní zemědělské nakladatelství.
46. Pagan, J., & Randuška, D. (1987). *Atlas dřevín 1. Obzor*.
47. Pagan, J., & Randuška, D. (1988). *Atlas dřevín 2. Obzor*.
48. Paule, L. (1992). *Genetika a šľachtenie lesných drevín*. Príroda.
49. Pikula, J., et al. (2004). *Stromové a keřové dřeviny*. CERM.
50. Rikala, R. (2000). *Production and quality requirements*. Tree Planters' Notes, 49, 56–60.
51. Roldan A., Querejeta I., Albaladejo L., Castillo V., 1996. *Survival and growth of Pinus halepensis seedlings in a semi-arid environment after forest soil transfer, terracing and organic amendments*. Annales des Sciences Forestes, 53: 1099–111
52. Rune, G. (2003). *Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots pine seedlings*. Silva Fennica, 37(3), 333–342.
53. Ryyppö, A. (1998). *Temperature acclimation of boreal conifer seedlings* (Doctoral dissertation, University of Joensuu).
54. Sarvaš, M. (2002). *Determination of effects of desiccation and frost stresses on the physiological quality of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) seedlings by measurement of electrolyte leakage from the root system*. Journal of Forest Science, 48(8), 366–371
55. Sarvaš, M. (2003a). *Changes of cold hardiness of bare-rooted Norway spruce plants*. Journal of Forest Science, 49, 133–139.

56. Sarvaš, M., & Tučeková, A. (2003b). *Aplikácia hydrogelov*. Zprávy lesnického výzkumu, 2–3, 70–74.
57. Sarvaš, M. (2004a). *Odolnosť na mráz*. In Možnosti použitia sadebného materiálu (pp. 65–73).
58. Sarvaš, M. (2004b). *Measurement of electrolyte leakage*. Austrian Journal of Forest Science, 4, 209–223.
59. Sarvaš, M., Tučeková A., 2004: *Zvyšovanie odolnosti na mráz pri sadbovom materiáli lesných drevín*. In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva a semenárstva 2004*. Zborník abstraktov 37, 17–18.03. 2004, Liptovský Hrádok
60. Sarvaš, M., Pavlenda, P., & Takáčová, E. (2007). *Effect of hydrogel application*. Journal of Forest Science, 53(5), 204–209.
61. Sarvaš, M., Lengyelová, A., & Takáčová, E. (2005). *Vplyv fotoperiód*. In *Súčasná otázky pestovania lesa*.
62. Sarvašová, Z. et al. (2016). *Lesy pre spoločnosť – lesy bez bariér: Vybrané príklady lesnej pedagogiky z Nórska a Slovenska*. Zvolen: Národné lesnícke centrum – Ústav lesníckeho poradenstva a vzdelávania. ISBN 978-80-8093-216-9.
63. Slovenská technická norma 48 1211. (1997). *Lesné semenárstvo*. Slovenský ústav technickej normalizácie.
64. Svoboda, P. (1953). *Lesní dřeviny a jejich porosty (Část I)*. Státní zemědělské nakladatelství.
65. Svoboda, P. (1955). *Lesní dřeviny a jejich porosty (Část II)*. Státní zemědělské nakladatelství.
66. Suszka, B. (2000). *Nowe technologie i techniki w nasiennictwie leśnym*. Bogucki.
67. Suszka, B., Muller, C., & Bonnet-Masimbert, M. (1994). *Nasiona leśnych drzew liściastych od zbioru do siewu*. PWN.
68. Šmelková, Ľ. (2003). *Zakladanie lesa*. Technická univerzita vo Zvolene.
69. Šmelková, Ľ. (2009). *Zakladanie lesa*. Technická univerzita vo Zvolene.
70. Šmelková, Ľ., et al. (2001). *Lesné škôlky*. ÚPVVP LVH SR.
71. Timmis, R. (1978). *Frost hardening of containerized conifer seedlings*. Weyerhaeuser.
72. Tinus, R. W., & McDonald, S. E. (1979). *How to grow tree seedlings in containers*. USDA Forest Service.
73. Tognetti R., Michelozzi M., Giovannelli A., 1997. *Geographical variation in water relations, hydraulic architecture and terpene composition of Aleppo pine seedlings from Italian provenances*. Tree Physiology, 17: 241–250
74. Vincent, G. (1965). *Lesní semenářství*. Státní zemědělské nakladatelství.
75. Załęski, A., et al. (1995). *Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych*. Wydawnictwo Świat.

RESURSE ONLINE:

SPUSTOVÁ, Gabriela, 2013. Environmentálne vedomie [online].

<https://gabriela-spustova-izakovicova.webnode.sk/products/environmentalne-vedomie-mgr-gabriela-spustova-phd/> [cit. 2026-04-20].

FAO. Forest education. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024.

<https://www.fao.org/forestry/our-focus/forest-products/forest-education/en>

UNESCO. (2023). Report on the implementation of Education for Sustainable Development (ESD) for 2030 and the Berlin Declaration. Paris: UNESCO.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387344>

NAAEE. (2025). About NAAEE: Advancing environmental literacy and civic engagement.

<https://naaee.org/>

UNESCO. (2026). Education for sustainable development: What you need to know. UNESCO.

<https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know>

FAO, ITTO, & IUFRO. (2022). Global assessment of forest education: Creation of a global forest education platform and launch of a joint initiative under the aegis of the Collaborative Partnership on Forests (Forestry Working Paper No. 32). FAO.

<https://doi.org/10.4060/cc2196en>

HOTĂRÂRE Nr. 55 din 17-02-2023 cu privire la aprobarea Programului național de extindere și reabilitare a pădurilor pentru perioada 2023-2032 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acestuia pe perioada 2023-2027

https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=135917&lang=ro

