

Assessing the adaptability of conifers and prospects for introduction in the Republic of Moldova

Vasile O. Bucatsel, Sergiu V. Bucatsel

Alexandru Ciubotaru National Botanical Garden (Institute),

Chişinău, Republic of Moldova

e-mail: vasilebucatel@gmail.com; ORCID ID: 0009-0003-5531-3987

Abstract.

Aims. Botanical gardens, nurseries, private gardens, and dendrological collections have a significant fund of *Pinophyta* species and varieties, many of which grow successfully in the climatic conditions of Moldova. The need to select the most perspective ones for ornamental gardening, and in particular for implementation in green building, prompted a more profound study of their bioecological features and decorative qualities. **Methods.** During the research, we used commonly used methods and recommendations to update species and varietal composition, determine winter hardiness, drought tolerance, phenological observations, assess reproductive capacity, levels of adaptation, prospects for introduction, etc. **Results.** Based on a detailed study of the biological and ecological characteristics of the representatives of the *Pinophyta* division, 107 cultivars can be recommended for use in landscape design in the Republic of Moldova. Almost all the *Pinophyta* ornamental cultivars studied in different-aged and multifunctional plantations of the Republic of Moldova proved to be quite winter-hardy, drought-resistant, and interesting for landscaping, and therefore deserve wider use in culture. **Conclusions.** The results of long-term experiments on the introduction of ornamental forms of woody plants of the *Pinophyta* division in the Republic of Moldova indicate their great potential for enriching the genetic fund suitable for use in landscaping.

Keywords: cultivated dendroflora, gymnosperms, plant introduction, landscape design.

Оцінювання адаптивності хвойних рослин та перспективи їхнього впровадження у Республіці Молдова

Василь О. Букацел, Сергій В. Букацел

Національний ботанічний сад (Інститут) імені Олександра Чуботару,
Кишинів, Республіка Молдова,

e-mail: vasilebucatel@gmail.com; ORCID ID: 0009-0003-5531-3987

Реферат.

Мета. У ботанічних садах, розсадниках, приватних садах, а також у дендрологічних колекціях зібрано значний фонд видів і сортів рослин відділу *Pinophyta*, багато з яких успішно ростуть у кліматичних умовах Молдови. Необхідність визначення найбільш перспективних для декоративного садівництва, і зокрема для впровадження у зелене будівництво спонукали до більш глибокого вивчення їхніх біоекологічних особливостей та декоративних якостей. **Методи.** Під час проведення досліджень використовували загальноновживані методики та рекомендації щодо уточнення видового та формового складу, визначення зимостійкості, посухостійкості, проведення фенологічних спостережень, оцінювання репродуктивної здатності, рівнів адаптації, перспективності інтродукції тощо. **Результати.** На підставі детального вивчення біологічних та екологічних особливостей представників відділу *Pinophyta*, для використання в ландшафтному дизайні Республіки Молдова можуть бути рекомендовані 107 сортів. Майже всі вивчені у різновікових і різнофункціональних насадженнях Республіки Молдова декоративні сорти *Pinophyta* виявилися досить зимостійкими, посухостійкими, й цікавими для озеленення, тож заслуговують на більш широке використання в культурі. **Висновки.** Результати багаторічних експериментів з інтродукції декоративних форм деревних рослин відділу *Pinophyta* в умовах Республіки Молдова свідчать про їхній великий потенціал для збагачення генетичного фонду придатного для залучення в озеленення.

Ключові слова: культурна дендрофлора, голонасінні, інтродукція рослин, ландшафтний дизайн.

Вступ/Introduction. Одним із перспективних способів збагачення біорізноманіття та підвищення естетичної цінності деревних насаджень є інтродукція в культурні ландшафти немісцевих деревних рослин, у тому числі голонасінних. Центральна роль у збереженні *ex situ* загального фіторізноманіття, і представників *Pinophyta* зокрема, належить ботанічним садам, дендрологічним паркам і ботанічним підрозділам університетів й наукових установ (Chen & Sun, 2018; Mounce et al., 2017), в яких не лише вирощуються інтродуценти з різних регіонів світу, а й розробляються різні

способи їхнього збереження й розмноження (Dunn, 2017; Grabovyy, 2007; Odintsova, & Rugusova, 2013; Popovych & Dzyba 2022).

Представники відділу *Pinophyta* у Республіці Молдова не мають природних ареалів, а початком інтродукції різних видів хвойних вважається перша половина XIX сторіччя, коли їх стали висаджувати у садах і парках магнатських резиденцій. Нині у ботанічних садах і дендрологічних парках Молдови накопичений великий досвід інтродукції видів відділу *Pinophyta* (Bucatsel, 2016a,b).

У сучасних зелених насадженнях Республіки Молдова голонасінні займають значне місце. За останні півтора-сторіччя культурна дендрофлора Республіки Молдова поповнилася 183 видами, підвидами, гібридами та понад 900 сортами голонасінних рослин, що належать до п'яти родин і 28 родів. Більшість інтродукованих таксонів входять до складу двох родин: *Pinaceae* Spreng. ex F.Rudolphi з 125 видами, підвидами, різновидами й гібридами та 447 сортами й трьома формами та *Cupressaceae* Gray з 43 видами, підвидами, різновидами й гібридами та 426 сортами (Bucatsel, 2016a).

На представників родини *Cupressaceae* можна натрапити на всіх континентах нашої планети, окрім Антарктиди (Liu et al., 2022). Сучасні систематики у складі *Cupressaceae* нараховують 30 визнаних родів (*Cupressaceae...*, 2024), чотирнадцять з яких (*Cunninghamia* R.Br. ex Rich. & A.Rich., *Metasequoia* Hu & W.C. Cheng, *Sequoiadendron* J.Buchholz, *Cryptomeria* D. Don, *Taxodium* Rich., *Thuja* L., *Chamaecyparis* Spach, *Cupressus* L., *Juniperus* L., *Calocedrus* Kurz, *Platycladus* Spach, *Microbiota* Komarov, *Xanthocyparis* Farjon & T.H.Nguyên) ростуть у насадженнях Республіки Молдова (Bucatsel, 2016a,b).

Представники восьми родів: *Abies* Mill., *Cedrus* Trew, *Larix* Mill., *Picea* A. Dietr., *Pinus* L., *Pseudolarix* Gordon & Glend., *Pseudotsuga* Carr. й *Tsuga* (Endl.) Carr, з родини *Pinaceae* вирощуються у Республіці Молдова (Bucatsel, 2016a), що складає 72,7 % від загальної кількості (11) визнаних родів цієї родини (*Pinaceae...*, 2024).

У сумарній кількості інтродукованих таксонів відділу *Pinophyta* частка представників саме цих двох родин (*Cupressaceae* та *Pinaceae*) становить 95,3%. Найбільша кількість таксонів нараховується у складі родів *Picea* A. Dietr. (29 видів, підвидів і гібридів та 194 сорти); *Pinus* L. (51 і 149, відповідно); *Chamaecyparis* Spach (4; і 121); *Juniperus* L. (22 і 145); *Thuja* L. (3 й 112); *Abies* (25 і 57); *Larix* Mill. (11 та 21). Інші *Pinophyta* у насадженнях Республіки Молдова представлені меншою кількістю таксонів (Bucatsel, 2016a).

Природно-кліматичні умови регіону забезпечують особливі можливості для збагачення культурної дендрофлори новими видами та господарсько-цінними сортами. Особливе місце належить видам і внутрішньовидовим таксонам відділу *Pinophyta*, які тут представлені найбагатшим різноманіттям. Однак деяким видам голонасінних досить важко адаптуватися до ґрунтово-

кліматичних умов Республіки Молдова через такі обмежувальні фактори, як пізні весняні приморозки та ранні осінні заморозки, часті посухи, сильна спека, сильна карбонізація ґрунту та інші несприятливі едафічні умови (Corobov, 2009). На велике значення природних умов середовища, в якому вирощуються хвойні рослини. вказують ряд авторів (Engelmark & Hytteborn, 1999; Felton et al., 2010; Pfadenhauer et al., 2020), зазначаючи при цьому, що кліматичні зміни є одним з найбільш помітних факторів, що суттєво впливають на просторове поширення рослин, у тому числі видів голонасінних (Umair et al., 2023).

Тому для більш цілеспрямованого формування сортименту деревних рослин й екологічно обґрунтованого збалансування найбільш перспективних для декоративного садівництва листопадних і вічнозелених порід з метою впровадження у зелене будівництво найкраще адаптованих видів, сортів та гібридів необхідно більш глибоко вивчити їхні біоекологічні особливості та декоративні якості у конкретних умовах, що дасть змогу розробити відповідні технології їхнього розмноження та рекомендації щодо подальшого використання в садовому дизайні Республіки Молдова.

Матеріали і методи/Materials and Methods. Об'єктами досліджень служили сорти відділу *Pinophyta*, які ростуть у Національному ботанічному саду (Інститут) імені Олександра Чуботару (стара та нова територія), дендраріях, парках, та окремих приватних садах. Для проведення досліджень використовувався ряд відомих методик, методичних підходів та рекомендацій щодо уточнення видового й формового складу, визначення зимостійкості, посухостійкості, проведення фенологічних спостережень, оцінювання репродуктивної здатності, рівня адаптації, перспективності інтродукції тощо. (Badel et al., 2015; Bucatsel, 2016; Bussotti et al., 2015; Fei et al., 2017).

Результати та обговорення/Results and Discussion. Аналіз результатів оцінки життєздатності нових сортів із відділу *Pinophyta* в умовах Молдови показує реальні можливості збагачення дендрофлори регіону новими цінними екзотичними рослинами. Нині у ботанічних садах, розсадниках, громадських і приватних садах, а також у дендрологічних колекціях зібрано значний фонд видів і сортів відділу *Pinophyta*, багато з яких успішно ростуть у кліматичних умовах Молдови (Bucatsel, 2016a,b; Bucatsel & Bucatsel, 2021; Sidor et al., 2015).

Внаслідок визначення таксономічного складу нових декоративних сортів і форм хвойних (*Pinophyta*) у зелених насадженнях Республіки Молдова й за результатами комплексного оцінювання їхньої декоративної цінності й рівнів адаптованості в урбанізованому середовищі рекомендовано до подальшого вивчення й впровадження 107 сортів і форм (табл.).

Майже всі зазначені сорти і форми виявилися достатньо зимостійкі й посухостійкі, тож можуть зацікавити упорядників різних видів зелених насаджень, а також заслуговують на більш широке використання в культурі.

Таблиця. Нові сорти голонасінних (Pinophyta) перспективні для зелених насаджень у Республіці Молдова
Table. New cultivars and forms of Pinophyta prospective for landscaping in the Republic of Moldova

Рід/Genus	Вид, гібрид/ Species, hybrid	Сорт, форма/Cultivar, form
<i>Pinaceae</i> Spreng. ex F.Rudolphi		
<i>Abies</i> Mill.	<i>A. alba</i> Mill.	'Mlada Bolesláv'
	<i>A. ×arnoldiana</i> (<i>A. koreana</i> × <i>A. veitchii</i>)	'Cyrille'
	<i>A. fargesii</i> (Pursh) Poir.	'Headfort'
	<i>A. koreana</i> Wils.	'Festival'; 'Lous Houtmeyer'; 'Starker's Dwarf'
	<i>A. lasiocarpa</i> var. <i>arizonica</i> (Merriam) Lemmon	'Compacta'; 'Kenwith Blue'
	<i>A. nordmanniana</i> (Steven) Spach	'Kolumnowa'; 'Kulista'
	<i>A. numidica</i> de Lannoy ex Carrière	'Pendula'
	<i>A. procera</i> Rehder	'Sherwoodii'
	<i>A. veitchii</i> Lindl.	'Heddergott'; 'Pendula'; 'Pendula Select'
<i>Cedrus</i> Trew	<i>C. libani</i> A. Rich.	'Sargentii'
<i>Larix</i> Mill.	<i>L. decidua</i> Mill.	'Compacta'; 'Krejča Mutation'
	<i>L. kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	'Mazanek'; 'Nettebruch'; 'Paper Lanterns'; 'Wolterdingen'
	<i>L. laricina</i> (Du Roi) K. Koch	'Arethusa Bog'; 'Steuben'
	<i>L. ×marschlinsii</i> Coaz	'Grot'
<i>Picea</i> A. Dietr.	<i>P. abies</i> (L.) Karst.	'Cruenta'; 'Norrkoping'; 'Wartburg'; 'Zagwizdže'
	<i>P. glauca</i> (Moench) Voss	'Pendula'
	<i>P. jezoensis</i> (S.& Z.) Carr.	'Nana'
	<i>P. omorika</i> (Pančić) Purk.	'Treblitzsch'
	<i>P. orientalis</i> (L.) Peterm.	'Early Gold'
	<i>P. pungens</i> Engelm.	'Baby Blueeyes'; 'Bar'; 'Blue Totem'; 'Jeddeloh'; 'Mecky'; 'Montgomery'; 'Schovenhorst'; 'Thuem'; 'Vuyk'
	<i>P. rubens</i> Sarg.	'Nigrande Snake'

<i>Pinus</i> L.	<i>P. cembra</i> L.	'Fastigiata'; 'Sartori'
	<i>P. densiflora</i> Siebold & Zucc.	'Vibrant'
	<i>P. koraiensis</i> Siebold & Zucc.	'Silveray'
	<i>P. mugo</i> Turra	'Albospicata Domschke'; 'Alpenzwerg'; 'Chameleon'; 'Dezember Gold'; 'Hnízdo'; 'Little Goldstar'; 'Mops Midget'; 'Pal Maleter'; 'Schweizer Tourist'; 'Winter Sun'; 'Winzig'
	<i>P. nigra</i> J.F. Arnold	'Bright Eyes'; 'Goldfingers'; 'Lesisko'; 'Molette'; 'Richard'
	<i>P. sylvestris</i> L.	'Aurea Nisbet'; 'Beuvronensis'; 'Kelpie'; 'Sandrigham'; 'Wintergold'
	<i>P. thunbergii</i> Parl.	'Banshosho'
	<i>P. uncinata</i> Ramond ex DC.	'Boží Dar'; 'Fritsche'; 'Compacta'; 'Pyramidata'
<i>Pseudotsuga</i> Carr.	<i>Ps. menziesii</i> (Mirb.) Franco	'Kanina'; 'Pannenhoeft'; 'Serpentine'
<i>Tsuga</i> (Endl.) Carr.	<i>T. canadensis</i> (L.) Carrière	'Podzamcze'
<i>Cupressaceae</i> Gray		
<i>Metasequoia</i> Hu & W.C. Cheng	<i>M. glyptostroboides</i> Hu & W.C. Cheng	'Rogów'
<i>Sequoiadendron</i> J.Buchholz	<i>S. giganteum</i> (Lindl.) J.Buchholz	'Pendulum'
<i>Taxodium</i> Rich.	<i>T. distichum</i> (L.) Rich.	'Peve Yellov', 'Secrest'
<i>Thuja</i> L.	<i>Th. occidentalis</i> L.	'Golden Brabant'; 'Mr. Bowling Ball'; 'Green Egg'; 'King of Brabant'; 'Magdalena'; 'Sena'
<i>Chamaecyparis</i> Spach	<i>Ch. lawsoniana</i> (A. Murray bis) Parl.	'Imbricata Pendula'
<i>Juniperus</i> L.	<i>J. communis</i> L.	'Suecica Nana'
	<i>J. horizontalis</i> Moench	'Icee Blue'; 'Pancake'; 'Prostrata'; 'Winter Blue'
	<i>J. ×pfitzeriana</i> (Späth) P.A.Schmidt	'Pfitzeriana Aurea'; 'Pfitzeriana Compacta'
	<i>J. virginiana</i> L.	'Hetz'

<i>Microbiota</i> Kom.	<i>M. decussata</i> Kom.	'Jacobsen'
<i>Taxaceae</i> Gray		
<i>Taxus</i> L.	<i>T. baccata</i> L.	'Aureovariegata', 'Cristata', 'Gracilis Pendula', 'Hessei', 'Krzysztof', 'Repens Aurea' (syn. 'Repandens Aurea')
	<i>T. × media</i> Rehder	'Hatfieldii', 'Katyń', 'Stefania', 'Tymon'

За кількістю цінних форм і сортів у родині *Pinaceae* із 77 рекомендованих до *Pinus mugo* належали 11, а дев'ять — до *Picea pungens*. У родині *Cupressaceae* з 20 рекомендованих — шість, були з *Thuja occidentalis*. Такою самою кількістю сортів і форм був представлений *Taxus baccata*, однак з десяти рекомендованих із цієї родини.

Таку переважаючу успішність інтродукції представників *Pinaceae* можна пояснювати еволюційною історією цієї родини. Зокрема внаслідок транскриптомічного аналізу з'ясовано, що за даними молекулярного датування, існуючі роди *Pinaceae* виокремилися приблизно 206 млн років тому, тобто раніше, аніж відбувся розпад суперматерика Пангея (Ran et al., 2018). Тож можна припускати, що внаслідок багаторазових циклів природного добору залишилися дотепер лише найбільш адаптовані до мінливих умов довкілля таксони, що й входять нині до складу сучасних родів.

Не менш переконливі результати виконаних на основі транскриптомів філогенетичних досліджень *Cupressaceae* (Liu et al., 2022), що дали можливість припустити виникнення форм, з яких надалі сформувались таксони, що нині входять до цієї родини, найімовірніше в Азії у тріасовому періоді. Міжтаксонна гібридизація, інтрогресія та неповне сортування лінії зумовили диверсифікацію, на основі якої відбувалася подальша еволюція *Cupressaceae* (Feng et al., 2021, Meier et al., 2017, Pfennig et al., 2016).

Враховуючи світові флористичні запаси *Pinophyta*, котрі нараховують понад шість тисяч сортів і форм (Auders & Spicer, 2012) асортимент хвойних рослин, що використовується в екологічному будівництві Республіки Молдова, зокрема й в озелененні населених місць, може бути значно доповнений.

Висновки/Conclusions. Багаторічне вивчення потенціалу інтродукованих видів і внутрішньовидових таксонів відділу *Pinophyta* для впровадження у ландшафтну архітектуру засвідчило найбільшу перспективність декоративних форм з родів *Picea*, *Pinus*, *Abies*, *Thuja*, *Juniperus* та *Chamaecyparis*, представники яких можуть бути використані за джерела цінного вихідного матеріалу для створення нових сортів, придатних для формування ландшафтів у містах і в різних населених пунктах Республіки Молдова.

Список посилань/References

- Auders, A. G., & Spicer, D. P. (2012). *Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Conifer Cultivars and Species*. (2 vols set). Cambridge: Royal Horticultural Society & Kingsblue. 1507 p.
- Badel, E., Ewers, F. W., Cochard, H., & Telewski, F. W. (2015). Acclimation of mechanical and hydraulic functions in trees: impact of the thigmomorpho-genetic process. *Frontiers in plant science*. Vol. 6. Art. 266. P. 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00266>.
- Bucațel, V., & Bucățel, S. (2021). Noi cultivaruri de conifere (Pinophyta): evaluarea rezistenței și perspectivele introducerii în Republica Moldova. *Conservarea diversității biologice—o șansă pentru remedierea ecosistemelor*. P. 40–44. (in Romanian).
- Bucatsel, V. (2016a). Introduction of *Pinophyta* in the Republic Moldova. *Journal of Botany*. Vol. 8. No 1(12). P. 73–79.
- Bucatsel, V. A. (2016b). Main results of introduction of *Gymnosperms* in the Republic of Moldova. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 12. P. 19–25. <https://doi.org/10.37555/.12.2016.173292>.
- Bussotti, F., Pollastrini, M., Holland, V., & Brüggemann, W. (2015). Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change. *Environmenta and Experimental Botany*. Vol. 111. P. 91–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.11>.
- Chen, G., & Sun, W. (2018). The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science. *Plant diversity*. Vol. 40. No 4. P. 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.07.006>.
- Corobov, R. (2009). Regional climate and environmental change: Moldova case study. *Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe*. [Eds.: Pavel Ya. Groisman & Sergiy V. Ivanov]. Dordrecht: Springer. Series C: Environmental Security P. 73–85.
- Cupressaceae* Gray (2024). Kew Names and Taxonomic Backbone. *The International Plant Names Index and World Checklist of Vascular Plants*. URL: <https://powo.science.kew.org/results?q=Cupressaceae>. (Retrieved November 10, 2024).
- Dunn, C. P. (2017). Biological and cultural diversity in the context of botanic garden conservation strategies. *Plant diversity*. Vol. 39. No 6. P. 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.10.003>.
- Engelmark, O., & Hytteborn, H. (1999). Coniferous forests. *Swedish plant geography* [Eds.: Håkan Rydin, Pauli Snoeijs, Martin Diekmann]. Malmén: Opulus Press AB. Series: *Acta phytogeographica Suecica*. Vol. 84. P. 55–74.
- Fei, S., Desprez, J. M., Potter, K. M., Jo, I., Knott, J. A., & Oswalt, C. M. (2017). Divergence of species responses to climate change. *Science advances*. Vol. 3. P. e1603055(1–9). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1603055>.

Felton, A., Lindbladh, M., Brunet, J., & Fritz, Ö. (2010). Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: an assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest ecology and management*. Vol. 260. No 6. P. 939–947. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.011>.

Feng, Y. Y., Shen, T. T., Shao, C. C., Du, H., Ran, J. H., & Wang, X. Q. (2021). Phylotranscriptomics reveals the complex evolutionary and biogeographic history of the genus *Tsuga* with an East Asian–North American disjunct distribution. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 157. Art. 107066. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.107066>.

Grabovyy, V. M. (2007). Vegetative reproduction fir-trees and ways of practical use of got planting material in green building. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 17.4. P. 31–35. (in Ukraine).

Liu, X. Q., Xia, X. M., Chen, L., & Wang, X. Q. (2022). Phylogeny and evolution of *Cupressaceae*: Updates on intergeneric relationships and new insights on ancient intergeneric hybridization. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 177. Art. 107606. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2022.107606>.

Odintsova, A. & Rugusova, A. (2013). Peculiarities of the reproductive processes in the gymnosperms. gametophytes' development, pollination and fertilization. *Studia Biologica*. Vol. 7. No 2. P. 217–238. <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.0702.296>. (in Ukraine).

Pfadenhauer, J. S., Klötzli, F. A., Pfadenhauer, J. S., & Klötzli, F. A. (2020). Zonal vegetation of the humid nemoral (cool–temperate) zone. *Global Vegetation: Fundamentals, Ecology and Distribution*. P. 599–693. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49860-3_11.

Pinaceae Spreng. ex F.Rudolphi (2024). Kew Names and Taxonomic Backbone. *The International Plant Names Index and World Checklist of Vascular Plants*. URL: <https://powo.science.kew.org/results?q=Pinaceae>. (Retrieved November 10, 2024).

Popovych, S., & Dzyba, A. (2022). Geography of conservation *ex situ* of rare taxa of ancient exotic trees *Pinophyta* in Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. Vol. 11. No 1. P. 176–185. <http://dx.doi.org/10.17930/AGL2022121>.

Ran, J. H., Shen, T. T., Wu, H., Gong, X., & Wang, X. Q. (2018). Phylogeny and evolutionary history of *Pinaceae* updated by transcriptomic analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 129. P. 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.08.011>.

Sidor, C. G., Popa, I., Vlad, R., & Cherubini, P. (2015). Different tree-ring responses of Norway spruce to air temperature across an altitudinal gradient in the Eastern Carpathians (Romania). *Trees*. Vol. 29. P. 985–997. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1178-3>.

Umair, M., Hu, X., Cheng, Q., Ali, S., & Ni, J. (2023). Distribution Patterns of Gymnosperm species along elevations on the Qinghai–Tibet Plateau: Effects of climatic seasonality, energy–water, and physical tolerance variables. *Plants*. Vol. 12. No 23. Art. 4066. P. 1–26. <https://doi.org/10.3390/plants12234066>.