



Research Paper

<https://doi.org/10.5564/pib.v40i1.4007>

PROCEEDINGS OF
PIB
THE INSTITUTE OF BIOLOGY

Efficacy of Effective Microorganism Compost Fertilizer on the Growth of Siberian Larch (*Larix sibirica*) and Soil Fertility

Shagdar ERDENECHIMEG , Mendbayar MEND-AMAR , Tserennadmid RENTSENKHAND ,
Renchindorj URJINKHAM , Munkhbayar UURIINTUYA ,
Orgil ANUMANDAL , Baldorj PAGMADULAM*

Laboratory of Microbial Synthesis, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding author: pagmadulam_b@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-3749-326X>

Abstract. The forest resources of Mongolia are 1246719 cubic meters, 79.3% of which are larch forests. Larch forests are complex ecosystems with rich biological diversity compared to other plant communities and are valuable raw materials for production, making it essential to protect, restore, and expand their area. Therefore, to support forest restoration, tree nurseries, and soil fertility in reforestation areas, as well as to increase nutrient availability for plants and enhance soil bioactivity, the “Urga” liquid biofertilizer was used to produce compost by combining fully decomposed manure, bran, insect biomass, and fallen leaves. The agrochemical properties of the compost were determined as pH of 7.43 ± 0.5 , electrical conductivity of 2.19 ± 0.1 ds/m, organic residue content of $82.23 \pm 5\%$, ash content of $7.87 \pm 5\%$, moisture content between 24.22–40.0%, nitrate (NO_3) at 14.6 ppm and potassium oxide (K_2O) at 127.0 ppm. Microbiological and agrochemical analyses of soil treated with compost showed increased beneficial microorganisms, with increased pH, available phosphorus by 1.3 mg and available potassium content by 30 mg. The compost resulted in an average annual growth increase of 15.2 cm ($p < 0.005$) in Siberian larch (*Larix sibirica*) compared to the control group. As a result of this study, testing organic waste as compost using the effective microorganism-based “Urga” liquid biofertilizer has shown a positive effect on soil fertility and plant growth.

Keywords: effective microorganism, biofertilizers, compost, soil nutrition

Received 30 September 2024; received in revised form 20 December 2024; accepted 30 December 2024

© 2024 Author(s). This is an open access article under the [CC BY-NC 4.0 license](#).

Introduction

In recent years, with the rising population, and waste, greenhouse gas emissions increase have driven numerous countries worldwide to explore solutions for effective waste management and recycling [1]. Among them, it is crucial to study the potential of recycling organic waste through biologically effective microorganisms to produce biofertilizers for agriculture and support its efforts in bioremediation [2].

In 1988, Japanese scientist Tero Higa developed the EM /Effective microorganisms/ technology, which kick-started the production of different types of biofertilizers and biopreparations [3], [4]. The technology is based on the principle that the soil's natural microflora can shift towards more beneficial characteristics when the essential soil microorganisms are introduced to infertile soil, allowing the microorganism to become domi-

nant and hence - provide favorable living conditions [3]. In recent years, microorganisms have been successfully used to protect the environment and to process agricultural and urban waste more effectively [5].

Coniferous forests comprise 93.3% of Mongolia's forest resources, with larch forests comprising 85%, cedar forests 9.5%, and pine forests 5.4%. Larch forests represent complex units of biological diversity within plant communities and are a valuable raw material for production. Therefore, it is essential to protect, restore and expand the area of larch forests [6], [7].

In the previous research, biofertilizers application on Scots pine (*Pinus sylvestris*) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) resulted in an average annual growth of 8.57 cm/year in Scots Pine and 14.07 cm/year in blackcurrant compared to the control, the number of flowers in blackcurrant bushes doubled confirming a statistically signifi-

cant positive impact on plant growth [3].

Biofertilizers produced using biologically effective microorganisms are important for soil structure enhancement, nutrient enrichment (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, etc.), pathogen control, agricultural productivity, bioremediation, reforestation and greening [8].

In Mongolia, commercially available biofertilizers are made with animal manure and sheep wool, however biofertilizers utilizing other types of organic waste have yet to be developed. The objective of our research is to study the effects of compost fertilizer, produced from organic waste using “Urga” liquid biofertilizer, on the growth of Siberian larch (*Larix sibirica*) and soil fertility.

Materials and methods

Soil hygiene and microbiological analysis experiments have been conducted in the Microbial Synthesis Laboratory following standard methodologies: MNS 6341:2012 [9], MNS ISO 4831:1999, MNS ISO 6579-1:2020, MNS 6341:2012, and MNS ISO 18400-105:2022 [10].

Soil agrochemical indicators were determined using Thuringian method for humus content, the Machigin method for mobile phosphorus content, the flame photometric method in a 1% ammonium carbonate solution for mobile potassium, the complexometric method for exchangeable bases, a pH meter for soil pH, and the ionomeric method in an aqueous extract for electrical conductivity using.

The main properties of the compost fertilizer were analyzed at the accredited soil laboratory of “Nart Consulting” LLC. The pH was measured using a pH meter, and total nitrogen, phosphorus, and potassium contents were determined through wet ashing by incineration in sulfuric acid. Total nitrogen was quantified using the Kjeldahl method, the total potassium content was measured using flame photometry, available phosphorus and potassium were analyzed using spectrophotometry in a 1% ammoni-

um carbonate extract, available potassium was quantified by flame photometry, salinity and electrical conductivity were measured using the ionomeric method, total ash content was determined by incineration and the organic residue was calculated using a computational approach.

Composting Method: Organic waste, including fully decomposed manure, pest biomass, wheat bran, and fallen tree leaves, was processed with a C/N ratio of 25-30 and an initial moisture content 40-65% [2], [11], [12], [13], [14]. The composting process was enhanced using “Urga” liquid biofertilizer, which was enriched with effective microorganisms. “Urga” is a liquid biofertilizer developed through biotechnological methods from a consortium of highly active bacteria, yeasts, fungi, actinomycetes and microalgae- each isolated from Mongolia ecosystems.

Compost fertilizer meeting the MNS 6507:2015 standard was applied to the afforestation area located in the Khar Usan Tokhoi of Gachuurt, Bayanzurkh District, Ulanbaatar. Siberian larch (*Larix Sibirica*) seedlings were selected and tested according to the MNs 6139:2010 standard. In the experiment, 0.5kg of compost fertilizer per square meter was applied [15], [16] and 60 Siberian Larch seedlings aged 5-7 years were used. The 30 seedlings were chosen as the control group, and the rest of 30 seedlings were fertilized with compost; the seedlings were monitored biannually for two years. The height of each Siberian Larch seedling was measured by a metric tool with a precision of 0.1mm [15], [17] and the results were compiled for analysis. Statistical analysis was performed using One-Way ANOVA.

Results and discussion

Dr. Bazars has researched the fertilization of seedlings and saplings in Mongolia. The researchers’ analysis indicates that the optimal dosage of fertilizers for growing conifers, including larch, varies depending on the characteristics of the region and soil conditions. Plants require 16 essential chemical elements, with their composition comprising substances such as carbon, nitrogen, phos-

Table 1. Agrochemical parameters of compost

Parameters	pH	EC, ds/m	Salinity, ppm	Humidity, %	Organic residue, %	Ash content, %
1	7.43	2.19	0.98	24.22	82.23	7.87

Table 2. Agrochemical parameters of compost

Parameters	Available elements, mg/100g			Total compounds, (%)		
	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	79.00	14.6	127	1.13	0.76	0.89

phorus, potassium and others. However, these substances are often not readily available in nature or in forms that plants can directly use, and their scarcity leads to decreased concentrations as plants utilize them, resulting in a gradual decline in soil fertility. Therefore, it is necessary to determine fertilizers dosages based on the unique soil and climatic conditions of specific regions, as well as the biological characteristics of the plants [18], [19]. The determined the fundamental agrochemical parameters of the compost produced using the laboratory facilities and “Urga” liquid fertilizers.

The table above shows that the pH is 7.43, indicating a weakly alkaline condition. The organic residue content

Table 3. Agrochemical parameters of the soil

Treatment	pH	EC,ds/m	Salinity, %	Humus, %	Cation exchange capacity, mg-eq/100g		Available nutrient mg/100g	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	P ₂ O ₅	K ₂ O
Control	6.75	0.033	0.22	3.45	15.4	3.0	1.3	14
Experiment	7.78	0.404	0.20	3.66	11.4	5.2	2.6	44

is 82.23%, total nitrogen is 1.13%, active phosphorus is 0.76%, and active potassium content is 0.89%.

The agrochemical analysis results comparing the soil of the experimental area, which fertilizers with compost, and to the control area were presented in Table 3 for the Siberian larch (*Larix sibirica*) planted in the afforestation area at Khar Usan Tokhoi in Gachuurt, Bayanzurkh District, Ulaanbaatar.

The agrochemical analysis results of soil samples from a depth of 0-25 cm indicated that the pH increased from slightly neutral to neutral, reaching 7.78, due to the effect of biofertilizer application compared to the control. Electrical conductivity (EC) increased by 0.371 ds/m, while humus content rose by 0.21%. The levels of active phosphorus essential for plants increased by 1.3 mg, and potassium content by 30 mg. Therefore, it is evident that compost enhances soil fertility.

Prior to testing biofertilizers on the growth of Siberian larch in the afforestation area, a microbiological analysis of both the compost and the soil in the experimental area was conducted.

The analysis results were compared with the findings observed after the application of biofertilization indicating that the soil contains a higher abundance of beneficial microorganisms post-fertilization.

In 2019, research conducted at the Institute of Geography and Geoecology of the Mongolian Academy of Sciences on the growth of Siberian larch in a seedling nursery tested the “Urga” liquid biofertilization, which resulted in 0.5 times increase in the number of azoto-

bacter and a fourfold increase in actinomycetes; however, our study found that the total number of azotobacter increased by 3.8 times, while the total number of actinomycetes increased by twofold. The comparative results of the microbiological analysis of the compost biofertilizer and the soils from the experimental and control sites are presented in Table4.

According to the table above, compared to the quantitative analysis of soil microorganisms in the field fertilized with compost, the total number of bacteria increased by 3.3 times, azotobacteria by 3.8 times, actinomycetes by 2 times in 2024, all of which contribute to improved soil fertility. In 2019 and 2020, Tsogtbaatar and colleagues conducted experiments at the Forest Restoration Center in Shar Kholoi, Gachuurt Valley, Ulaanbaatar. They prepared improved soil by composting organic materials such as sawdust, manure, tree bark, decom-

Table 4. Microbiological parameters of the compost and the experiment field soil

№	The total number of microorganisms	Compost (10 ⁶)	Control (10 ⁶)	Field soil fertilized with compost (10 ⁶)	
				Year 2023	Year 2024
1	Bacteria	52	6.0 ± 3.4	23.0±9.2	20.0±8.2
2	Azotobacter	4.5	5.0 ± 3.4	12.0±4.4	19.0±3.3
3	Actinomycetes	2.5	8.0 ± 3.4	13.0±3.8	18.±3.0
4	Yeast	3	3.0 ± 3.4	7.0±3.0	1.3±0.3
5	Lactic acid bacteria	-	0.1 ± 3.4	0.3±0.11	0.2±0.1

p<0.005

posed fallen wood mass from the forest, plant biomass, and perlite mixed with soil. The experiment, conducted on 2-years-old Siberian larch (*Larix sibirica*) seedlings, showed that the seedlings in the improved soil grew 1.43-8.83 cm taller than those in the control group, indicating that the enhanced soil had a significant positive effect on seedling growth and biomass formation [20].

In 2019 and 2021, Sudrajat and colleagues carried out a study at a nursery in Nagrak Java, Indonesia (06°6'74" S, 106°51'27" E). They planted seeds of three woody species, such as *Neolamarckia macrophylla*, *Neolamarckia cadamba* and *Nauclea orientalis* and were transplanted to the field six months later. Compost fertilizer was prepared from agricultural waste rice husks and enriched with phosphate, nitrogen, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)-including *Glomus sp.-1*, *Glomus sp.-2*, *Acaulospora sp.*, and *Gigaspora sp.* The experiment spanned over 3 years, while each plant received 3 kg of compost fertilizer annually. The parameters of the growth of the plant were determined by the measurement of the height and branch diameter – hence, the results showed that 3-years-old *N.cadamba* exhibited the highest growth, with a height of 10.87 m, 84% taller than the control and a branch diameter of 13.45 cm, 45% greater than the control, *N.orientalis* and *N.macrophylla* reached heights of 9.27-8.15 m 67-69% taller than the control and diameters of 12.71-10.31 cm 45-100% greater than the control [21].

In 2016 and 2021, Tong and Sun conducted experiments in the afforestation area of Yufa, Daxing District, Beijing (116°18' E, 39°30'N) using *Styphnolobium japonicum* trees, where compost was prepared from afforestation green waste combined with urea and beneficial microorganisms, including *Thichoderma spp.* (60%, v/v) and *Phanerochaete chrysosporium Burdsall* (40%, v/v), processed over 42 days. The compost was applied in three variants and compared to the control, where the compost reduced soil pH to 7.28-7.48 while increasing total soil nitrogen, available phosphorus and available potassium by 25-28%, 200-400%, and 80-177%, respectively[22].

“Urga” biofertilizer, fertilized with Siberian larch (*Larix sibirica*) seeds was produced using a variety of effective microorganisms. Beneficial microorganisms actively support each other’s functions and growth, each fulfilling specific roles that enrich low-fertility soil and promote plant growth and development [16]. In experiments conducted in 2015 and 2021 by Sainbileg et al on Siberian pine (*Pinus sibirica*) at the “Myangan Khurga” tree nursery site run by “Mon-Agronik” LLC in Bayanchandmani soum, Tuv Province, trees fertilized with com-

post showed an average annual height increase of 1.37 cm compared to the control, while trees fertilized with liquid “Urga” biofertilizer showed an increase of 8.57 cm per year. In our current study, the average annual growth of Siberian larch (*Larix sibirica*) in the second year of testing (2024) showed a statistically significant increase of 15.18 cm per year in height. The annual growth of Siberian larch (*Larix sibirica*) in the control group was 69 cm/year, while in the group fertilized with compost was 84.18 cm/year. Comparing the average growth of trees fertilized with compost to the baseline measurements at the start of the experiment yielded a p-value of 0.005, indicating a statistically significant effect of the compost on the growth of Siberian larch.

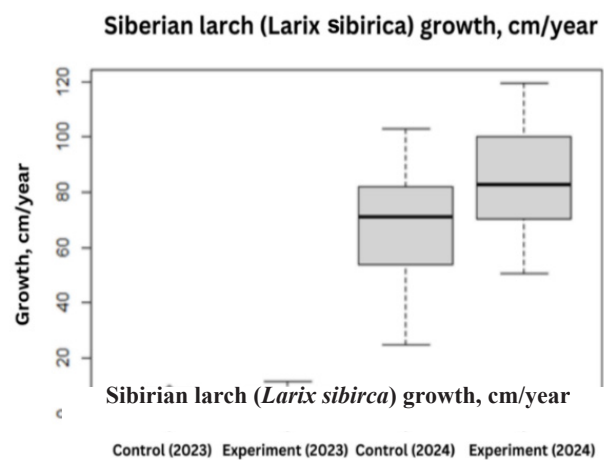


Fig. 1. The results of the experiment Siberian larch (*Larix sibirica*) compost

Conclusion

1. Fertilizing Siberian larch (*Larix sibirica*) trees with compost fertilizer increases their average annual growth and positively impacts soil health.
2. Producing compost fertilizer from organic waste materials through microbial processing is essential for improving soil fertility, reducing pollution, and enhancing bio productivity.

Acknowledgements

Expression of gratitude to the Ministry of Education, Culture, Science, and Sports, the Science and Technology Fund, the Institute of Biology at the Mongolian Academy of Sciences, and the team of the ‘World Garden in Mongolia’ NGO for providing the conditions and opportunities to carry out this research.

References

- [1] J. Singh and A. S. Kalamdhad, “Assessment of compost quality in agitated pile composting of

- water hyacinth collected from different sources,” *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 4, no. 3, pp. 175-183, Sep. 2015, <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0097-z>
- [2] Z. Wang, Y. Xu, T. Yang, Y. Liu, T. Zheng, and C. Zheng, “Effects of biochar carried microbial agent on compost quality, greenhouse gas emission and bacterial community during sheep manure composting,” *Biochar*, vol. 5, no. 1, Dec. 2023, <https://doi.org/10.1007/s42773-022-00202-w>
- [3] “Development of Biotechnology and Utilization of Genetic Resources,” *Proceedings of the Theoretical and Practical Conference*, 2021. [Online]. Available: www.soyomboprinting.com
- [4] Gankhuyag, Sh. *EM Technology*. 2008.
- [5] D. Hidalgo, F. Corona, and J. M. Martín-Marroquín, “Manure biostabilization by effective microorganisms as a way to improve its agronomic value,” Oct. 01, 2022, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02428-x>
- [6] “Integrated Guide to Mongolian’s Forestry Sector”, *Green Directory* 2024.
- [7] Dorjderem, T., Tuvshinsaikhan, E., Ariunbaatar, T. “Comparative study of seed morphology and size of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb),” *Proceedings of the Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences*, vol. 33, pp. 106-112, 2017.
- [8] Erdenejav, G. *Fallow Land and Soil Fertility*. 2008.
- [9] National Center for Standardization Metrology of Mongolia, MNS 6341:2012, “Soil Quality -Methods for Hygienic Bacteriological Analysis of Soil” 2012.
- [10] National Center for Standardization and Metrology of Mongolia, MNS 18400-206:2016 “Soil Quality -Guidelines for Soil Sampling, Packaging, and Transport” 2016.
- [11] C. Lin, N. K. Cheruiyot, X. T. Bui, and H. H. Ngo, “Composting and its application in bioremediation of organic contaminants,” 2022, Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2017624>
- [12] T. Ahmed et al., “Fertilization of Microbial Composts: A Technology for Improving Stress Resilience in Plants,” Oct. 01, 2023, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants12203550>
- [13] Z. Y. Yang et al., “Composite bacterial agent increases microbial diversity and speeds up the composting procession of sheep manure and tailed vegetables on Tibetan Plateau,” *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, vol. 30, no. 2, pp. 406-416, 2024, <https://doi.org/10.11674/zwjyf.2023363>
- [14] X. Zhao, J. Li, Z. Che, and L. Xue, “Succession of the Bacterial Communities and Functional Characteristics in Sheep Manure Composting,” *Biotechnology (Basel)*, vol. 11, no. 8, Aug. 2022, <https://doi.org/10.3390/biology11081181>
- [15] Batmagnai, G. “Effect of fertilizer on the growth of Siberian larch seedlings in greenhouse,” *Issues of Geoecology in Mongolia*, pp. 96-102, 2011.
- [16] Rentsenkhand, Ts., Tserendulam, D., Sainbileg, P. “Study on the effect of biofertilizers derived from productive microorganisms on Scots pine (*Pinus sylvestris* L),” *Proceeding of Khurel Tugot 2017: Biology and Agriculture*, pp. 106-112, 2017.
- [17] J. Bai et al., “Effects of Sewage Sludge Application on Plant Growth and Soil Characteristics at a *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Plantation in Horqin Sandy Land,” *Forests*, vol. 13, no. 7, Jul. 2022, <https://doi.org/10.3390/f13070984>
- [18] Bazarsad, Ch. “Preliminary results on the effect of fertilizer on the growth of Siberian larch seedlings” *Special issue, Institute of Geography, MAS*, pp. 29-35, 1989.
- [19] Zultsetseg, Ch., Naranbayar, E., Bayartulga, B., Bat-saikhan, G., Sainbileg, P. “Effect of biofertilizers on Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb) seedlings” *Proceedings of the Plant Protection Research Institute*, pp. 99-104, 2019.
- [20] Batdorj, D., Tsogtbaatar, J., Vandandorj, S. “Growth features of Larch (*Larix sibirica*) in the deepots with different soil types,” *Geoecology: Issues of Geoecology in Mongolia*, vol. 42, pp. 507-513, 2021.
- [21] D. J. Sudrajat, Y. Bramasto, B. Litbang, T. Perbenihan, T. Hutan, and K. P. Putri, “Early Growth Comparison of the Fast-Growing Tree Species in Mixed-Species Plantation Planted with Agroforestry and Biofertilization,” *Article in International Journal of Agriculture and Biology*, 2024, <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.2151>
- [22] J. Tong, X. Sun, S. Li, B. Qu, and L. Wan, “Reutilization of green waste as compost for soil improvement in the afforested land of the Beijing Plain,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 7, Jul. 2018, <https://doi.org/10.3390/su10072376>



Ашигтай бичил биетний компост бордооны Сибирь Шинэс (*Larix sibirica*)-ний өсөлт, хөрсний үржил шимд үзүүлсэн нөлөөг судалсан дүн

Шагдар Эрдэнэчимэг , Мэндбаяр Мэнд-Амар , Цэрэннадмид Рэнцэнханд , Ренчиндорж
Үржинлхам , Мөнхбаяр Үүрийнтуяа , Оргил Анумандал , Балдорж ПАГМАДУЛАМ* 

Монгол Улс, Улаанбаатар, Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэн, Микробын нийлэгжлийн лаборатори
 *Холбоо барих зохиогч: pagmadulam_b@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-3749-326X>

Хураангуй. Монгол орны ойн нөөц 1246719 шоо метр байдаг ба үүний 79.3%-ийг шинэсэн ой эзэлдэг. Шинэсэн ой нь бусад ургамлын бүлгэмдлийн дотроос нарийн бүрдэл бүхий биологийн олон янз байдлын цогц нэгдэл байдаг бөгөөд үйлдвэрлэлийн үнэт түүхий эд учир түүнийг хамгаалах, нөхөн сэргээх, улмаар шинэсэн ойн талбайн хэмжээг нэмэгдүүлэх шаардлага зүй ёсоор тавигдаж байна. Тиймээс ойн нөхөн сэргээлт болон мод үржүүлэг, ойжуулалтын талбайн хөрсний үржил шим, ургамалд ашиглагдах бодисын хангамжийг нэмэгдүүлэх, хөрсний биологийн идэвхийг сайжруулах зорилгоор “Урга” шингэн биобордоог ашиглан бүрэн ялзарсан бууц, хивэг, шавжийн биомасс, модны унасан навч зэрэг органик материалуудыг багсарч компост бордоо гарган авсан. Компост бордооны pH 7.43 ± 0.5 , цахилгаан дамжуулах чадвар 2.19 ± 0.1 ds/m, органик үлдэгдэл $82.23 \pm 5\%$, үнс $7.87 \pm 5\%$, чийг $24.22-40.0\%$, NO₃ 14.6 ppm, K₂O 127.0 ppm агууламжтай байна. Компост бордоогоор бордсон талбайн хөрсний микробиологийн болон агрохимийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж харьцуулахад ашигтай бичил биетний тоо өссөн, pH болон хөдөлгөөнт фосфорын агууламж 1.3 мг-аар, хөдөлгөөнт калийн агууламж 30 мг-аар нэмэгдсэн байна. Компост биобордоог хэрэглэх үед Сибирь Шинэс (*Larix sibirica*) модны жилийн дундаж өсөлт хяналтын бүлэгтэй харьцуулахад 15.2 см/жил ($p < 0.005$)-р нэмэгдсэн байна. Энэхүү судалгааны үр дүнд бүтээмжит бичил биетний “Урга” шингэн биобордоог ашиглан органик хаягдлыг компост бордоо болгон туршихад хөрсний үржил шим, ургамлын өсөлтөд эергээр нөлөөлж байна.

Түлхүүр үгс: ашигтай бичил биетэн, шим бордоо, компост, хөрсний үржил шим

Хүлээн авсан 2024.09.30; хянан тохиолдуулсан 2024.12.20; зөвшөөрсөн 2024.12.30

© 2024 Зохиогч(д). [CC BY-NC 4.0 лиценз](#).

Оршил

Сүүлийн жилүүдэд хүн амын өсөлт, хог хаягдал, хүлэмжийн хийн ялгарал ихээр нэмэгдэж байгаа учраас дэлхийн улс орнууд хог хаягдлаа дахин боловсруулах талын судалгаа ихээр хийж байна [1]. Үүний нэг нь биологийн идэвхт бичил биетэн ашиглан органик хаягдлыг дахин боловсруулж, шим бордоо гарган авч, газар тариалан болон биологийн нөхөн сэргээлтэд ашиглах боломжийг судлах явдал юм [2].

1988 онд Японы эрдэмтэн Тиро Хига нь EM /Effective microorganisms/ технологийг боловсруулсан нь олон төрлийн биобордоо, биобэлдмэлийн эхлэлийг тавьсан [3], [4]. Энэхүү технологи нь үржил шимгүй хөрсөнд хэрэгтэй байгаа ашигт бичил биетнүүдийг доминант болгон, амьдрах таатай орчин нөхцөлийг

хангаж өгвөл хөрсний хэвийн микрофлор ашигт шинж чанарт шилжинэ гэсэн ойлголтод үндэслэсэн байдаг [3]. Байгаль орчныг хамгаалах, хөдөө аж ахуйн болон хотын хог хаягдлыг илүү үр дүнтэй боловсруулахад бичил биетнийг сүүлийн жилүүдэд амжилттай ашиглаж ирсэн [5].

Монгол орны ойн нөөцийн 93.3%-ийг шилмүүст ой эзэлж байгаагаас 85%-ийг шинэсэн ой, 9.5%-ийг хушан ой, 5.4%-ийг нарсан ой тус тус эзэлж байна. Шинэсэн ой нь бусад ургамлын бүлгэмдлийн дотроос нарийн бүрдэл бүхий биологийн олон янз байдлын цогц нэгдэл байдаг бөгөөд үйлдвэрлэлийн үнэт түүхий эд учир түүнийг хамгаалах, нөхөн сэргээх, улмаар шинэсэн ойн талбайн хэмжээг нэмэгдүүлэх шаардлагатай [6], [7].

Бидний урьд хийгдсэн судалгааны дүнгээс

харахад компост бордоо нь Ойн нарс (*Pinus sylvestris*), Үхрийн нүдний бут (*Ribes nigrum* L.)-д үзүүлэх нөлөөг туршихад ойн нарсны жилийн дундаж өсөлтийг хяналттай харьцуулахад 8.57 см/жил, үхрийн нүдний бутанд 14.07 см/жил илүү ургалттай, мөн жимсний бутны баг цэцгийн тоо 2 дахин ихэссэн буюу статистик боловсруулалтын дүнгээр ургалтад эерэг нөлөө үзүүлж байгааг тогтоосон [3]. Биологийн идэвхт бичил биетэн ашиглан гарган авсан шим бордоо нь (азот, фосфор, кали г.м) эмгэг төрүүлэгчдийг хянах, биологийн нөхөн сэргээлт, ойжуулалт, газар тариалан, ногоон байгууламжийн бүтээмжийг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм [8].

Манай улсын хувьд малын өтөг бууц, хонины ноосоор компост бордоо хийн худалдаанд гаргаад байгаа боловч бусад органик хаягдлыг хараахан ашиглахгүй байна. Бидний судалгааны ажлын зорилго нь органик хаягдлыг “Урга” шингэн биобордоогоор боловсруулан компост бордоо гарган авч, Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-ний өсөлт, хөрсний үржил шимд хэрхэн нөлөөлж буйг судлах юм.

Судалгааны материал, аргазүй

Хөрсний эрүүл ахуй, микробиологийн шинжилгээг тус хүрээлэнгийн Микробын нийлэгжлийн лабораторид MNS 6341:2012 [9], MNS ISO 4831:1999, MNS ISO 6579-1:2020, MNS ISO 18400-105:2022 [10] стандарт аргазүйн дагуу хийж гүйцэтгэв. Хөрсний агрохимийн үзүүлэлт, ялзмагийн агууламжийг Тюрингийн аргаар, хөдөлгөөнт фосфорын агууламжийг Мачигины аргаар, хөдөлгөөнт калийн агууламжийг 1%-ийн нүүрс хүчлийн аммоны уусмалд дөлийн фотометрийн аргаар, солилцох сууриудыг комплексметрийн аргаар, хөрсний урвалын орчныг рН метрээр, цахилгаан дамжуулах чадварыг усан ханданд ионмерийн аргаар тус тус тодорхойлов.

Компост бордооны үндсэн үзүүлэлтүүдийн урвалын орчныг рН метрээр, нийт азот, фосфор, калийн агууламжийг нойтон үнсжүүлэлтийн аргаар хүхрийн хүчилд шатааж, нийт азотыг Кельдалын аргаар, нийт калийн агууламжийг дөлийн фотометрээр, хөдөлгөөнт фосфор, калийг 1%-ийн нүүрс хүчлийн аммонийн ханданд спектрофотометрээр, хөдөлгөөнт калийг дөлийн фотометрээр, давсжилт болон цахилгаан дамжуулах чадварыг ионмерийн аргаар, нийт үнсийг шатаалтын аргаар, органик үлдэгдлийг тооцооны аргаар “Нарт консалтинг” ХХК-ийн хөрсний итгэмжлэгдсэн лабораторид тодорхойлов.

Компост хийх арга: Органик хог хаягдал болох бүрэн боловсорсон өтөг бууц, хөнөөлт шавжийн биомасс, улаан буудайн хивэг, модны унасан навчийг C/N-ийн харьцаа 25-30, анхны чийгийн агууламж 40-65% байхаар тооцож [2], [11], [12], [13], [14] бүтээмжит бичил биетний “Урга” шингэн биобордоогоор боловсруулав. “Урга” биобордоо нь Монгол орны экосистемээс ялгасан, биологийн өндөр идэвхт бактери, дрожж, мөөгөнцөр, актиномицет, бичил замгийн хоршлыг биотехнологийн аргаар боловсруулсан шингэн биобордоо юм.

MNS 6507:2015 стандарт хангасан компост бордоог Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн Гачууртын Хар Усан тохойд байрлах ойжуулалтын талбайд тарималжуулсан Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-д туршсан бөгөөд MNS 6139:2010 стандартын дагуу сонгов. Туршилтад 1 м.кв талбайд 0.5 кг [15], [16] компост бордоо хэрэглэхээр тооцон Сибирь шинэсний 5-7 настай 60 ширхэг суулгацыг ашиглав. Сибирь Шинэс (*Larix sibirica*)-ний эхний 30 ш тарьцыг хяналтаар, дараагийн 30 ш тарьцыг компост бордоогоор бордож хоёр жилийн хугацаанд 4 удаагийн хэмжилт хийсэн. Сибирь шинэсний тарьц бүрийн өндрийн хэмжилтийг 0.1 мм нарийвчлалтай метрээр [15], [17] гараар хэмжиж үр дүнг нэгтгэв. Үр дүнг One-Way ANOVA ашиглан статистик боловсруулалт хийв.

Судалгааны үр дүн, хэлэлцүүлэг

Манай улсад тарьц суулгацыг бордох талаар судалгаа шинжилгээний ажлыг доктор Базарсад хийсэн байдаг. Судлаачдын шинжилгээ судалгааны үр дүнгээс үзэхэд шилмүүст мод, түүний дотор шинэсний тарьц ургуулахад бордооны ашигтай тун хэмжээ нь тухайн бүс нутгийн онцлог, хөрсний нөхцөлөөс хамааран харилцан адилгүй байдаг. Аливаа ургамалд 16 орчим химийн бодис шаардлагатай байдаг бөгөөд тэдгээрийн бүтцэд нүүрстөрөгч, азот, фосфор, кали гэх мэт элементүүд агуулагддаг. Гэвч эдгээр бодис нь байгаль дээр тэр болгон хүрэлцээтэй, ургамал ашиглахад хялбар хэлбэрт байдаггүй, ургамал ашиглахын хирээр тэдгээрийн хэмжээ багасаж, хөрсний үржил шим мууддаг байна. Иймээс тодорхой нутаг орны хөрс цаг уурын өвөрмөц нөхцөл, ургамлын биологийн онцлогоос шалтгаалан бордох тун хэмжээг тогтоох шаардлага урган гарч байдаг [18], [19]. Бид лабораторийн материаллаг бааз дээр үндэслэн “Урга” шингэн биобордоогоор боловсруулсан компост бордооны агрохимийн үндсэн үзүүлэлтийг тодорхойлон үр дүнг тооцоолов.

1-р хүснэгт. Компост бордооны агрохимийн зарим үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлт	pH	ЦДЧ, ds/m	Давс, ppm	Чийг, %	Органик үлдэгдэл, %	Үнс, %
1	7.43	2.19	0.98	24.22	82.23	7.87

2-р хүснэгт. Компост бордооны агрохимийн зарим үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлт	Хөдөлгөөнт элементүүд, мг/100г			Нийт бүрэлдэхүүнд, (%)		
	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	79.00	14.6	127	1.13	0.76	0.89

Дээрх хүснэгтээс үзэхэд урвалын орчин буюу pH нь 7.43 буюу сул шүлтлэг байна. Органик үлдэгдэл нь 82.23%, нийт азот 1.13%, хөдөлгөөнт фосфор 0.76%, хөдөлгөөнт калийн агууламж 0.89% байна. Улаанбаатар хотын Баянзүрх дүүргийн Гачууртын Хар Усан тохойд байрлах ойжуулалтын талбайд тарималжуулсан Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-ийг тариалсан талбайн хөрсийг компост бордоогоор бордон туршилтын талбайг хяналтын талбайтай харьцуулсан агрохимийн шинжилгээний дүнг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв. Хөрсний 0-25 см-ийн гүнээс дээж авч агрохимийн шинжилгээ хийсэн үр дүнг хяналттай харьцуулахад pH сул саармаг орчноос саармаг буюу компост бордооны нөлөөгөөр 7.78 болж нэмэгдсэн байна. Цахилгаан дамжуулах чадвар (ЕС) нь 0.371 ds/m-ээр, ялзмагийн агууламж 0.21%-р нэмэгдсэн байна. Ургамалд зайлшгүй шаардлагатай хөдөлгөөнт фосфорын агууламж 1.3 мг-аар, хөдөлгөөнт калийн агууламж 30 мг-аар тус тус нэмэгдсэн нь компост

бордоо хөрсний үржил шимд нөлөөтэй байгаа нь харагдаж байна.

Ойжуулалтын талбайн Сибирь шинэсний ургалтад компост бордоог турших ажлыг эхлүүлэхийн өмнө компост бордоо, туршилтын талбайн хөрсний микробиологийн шинжилгээг хийж гүйцэтгэсэн. Уг шинжилгээний хариуг компост бордоогоор бордсоны дараах шинжилгээний хариутай харьцуулахад хөрс ашигт бичил биетнээр баяжсан. Тухайлбал 2019 онд ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Ойн нөөц, ой хамгааллын салбарын туршилт судалгааны мод үржүүлгийн талбайн Сибирь шинэсний ургалтад “Урга” шингэн биобордоог туршсан Сайнбилэг нарын судалгааны дүнд азотобактерийн тоо 0.5 дахин нэмэгдэж байсан бол энэ судалгааны ажлын үр дүнд 3.8 дахин нэмэгдсэн. Компост бордоо болон туршилт, хяналтын талбайн хөрсний микробиологийн шинжилгээний харьцуулсан дүнг 4-р хүснэгтэд үзүүлэв.

3-р хүснэгт. Хөрсний агрохимийн шинжилгээний үр дүн

Хувилбар	pH	ЦДЧ, ds/m	Давс, %	Ялзмаг, %	Шингээгдэх сууриуд, мг-экв/100г		Шим тэжээлийн элементүүд, мг/100г	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	P ₂ O ₅	K ₂ O
Хяналт	6.75	0.033	0.22	3.45	15.4	3.0	1.3	14
Туршилт	7.78	0.404	0.20	3.66	11.4	5.2	2.6	44

4-р хүснэгт. Компост бордоо болон туршилтын талбайн хөрсний микробиологийн үзүүлэлт

№	Бичил биетний нийт тоо	Компост бордоо (10 ⁶)	Хяналт (10 ⁶)	Компост бордоогоор бордсон талбайн хөрс (10 ⁶)	
				2023 он	2024 он
1	Бактери	52.0	6.0 ± 3.4	23.0±9.2	20.0±8.2
2	Азотобактери	4.5	5.0 ± 3.4	12.0±4.4	19.0±3.3
3	Актиномицет	2.5	8.0 ± 3.4	13.0±3.8	18.±3.0
4	Дрожж	3.0	3.0 ± 3.4	7.0±3.0	1.3±0.3
5	Сүүн хүчлийн бактери	-	0.1 ± 3.4	0.3±0.11	0.2±0.1

(p<0.005)

Дээрх хүснэгтээс үзэхэд компост бордоогоор бордсон талбайг хяналтын талбайн хөрсний бичил биетний тоон үзүүлэлттэй харьцуулахад 2024 онд бактерийн нийт тоог 3.3 дахин, азотобактерийн нийт тоог 3.8 дахин, актиномицетийн нийт тоог 2 дахин нэмэгдүүлснээр хөрсний үржил шимийг сайжруулж байгаа нь харагдаж байна.

2019, 2020 онд Батдорж нарын Улаанбаатар хот, Гачууртын амны Шар хоолой дахь “Ойг нөхөн сэргээх төв”-д Сибирь шинэсний хоёр настай тарьцыг үртэс, бууц, модны холтос, ойгоос гарсан унаш модны өмхөрсөн масс, ургамлын масс, перлит зэрэг органик нэгдлүүдийг хөрстэй холин компост бэлтгэн сайжруулсан хөрс гарган туршсан туршилтын үр дүнд хяналтаас 1.43-8.83 см өндөр байгаа нь энэхүү сайжруулсан хөрс нь тарьцын өсөлт, биомасс бүрэлдэхэд чухал гэж үзжээ [20].

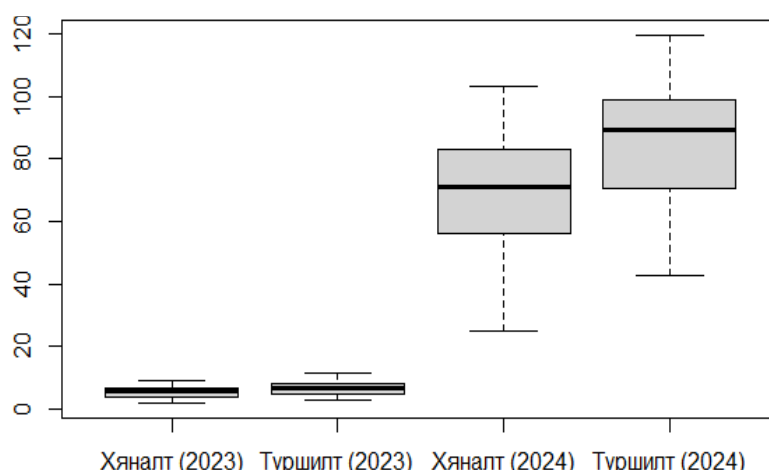
2019, 2021 онд Судражат нарын Награк, Жава, Индонез (06°6'74" S, 106°51'27" E)-ийн мод үржүүлгийн судалгааны талбайд *Neolamarckia macrophylla*, *Neolamarckia cadamba*, *Nauclea orientalis* гурван зүйл модлог ургамлыг үрээр тарилт хийж, 6 сарын дараа хээрийн нөхцөлд шилжүүлэн тариалсан. Хөдөө аж ахуйн хог хаягдал болох будааны хальс, фосфат, азотын хангамжийг сайжруулдаг ашигт мөөгөнцрийг (AMF: *Glomus sp.-1*, *Glomus sp.-2*, *Acaulospora sp* болон *Gigaspora sp*) ашиглан компост бордоо боловсруулсан. Туршилтыг гурван жилийн хугацаанд хийсэн бөгөөд жил бүр ургамал тус бүрийг 3кг/тун нормоор бордсон. Туршилтын дүнд гурван настай ургамлын өндөр, мөчрийн диаметр, титэм өргөнийг тодорхойлоход *N. cadamba* нь хамгийн өндөр өсөлтийг үзүүлсэн буюу 10.87 м ургасан нь хяналтаас 84%-иар их, диаметр нь 13.45 см байсан нь хяналтаас 45%-иар их, *N.orientalis* болон *N.macrophylla* нь 9.27-8.15 м буюу хяналтаас 67-69%-иар өндөр ургасан, диаметр нь 12.71-10.31 см буюу хяналтаас 45-100%-иар илүү байгааг үзүүлжээ [21].

2016, 2017 онд Тонг нар Бээжин (116°18' E, 39°30' N) дахь Дасин дүүргийн Юфад байрладаг тэгш тал ойжуулалтын төслийн талбайд тарьсан *Styphnolobium japonicum* модыг бордон туршсан. Ойжуулалтын ногоон хог хаягдал түүхий эдийг мочеви́н болон ашигт мөөгөнцрийн *Trichoderma spp*-ийн холимог (60%, v/v) болон *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall (40%, v/v) зэрэг ашигтай бичил биетний хослолоор боловсруулав. Компост бордоог 42 хоногийн турш боловсруулсан. Компост бордоог 3 хувилбараар

бордсон туршилтын үр дүнг хяналттай харьцуулахад хөрсний pH-г 7.28-7.48 болгон бууруулж, хөрсний нийт азот, хөдөлгөөнт фосфор, хөдөлгөөнт кали тус бүр 25-28%, 200-400%, 80-177% тус тус нэмэгдсэн байна [22].

Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-ний тарьцыг бордсон “Урга” биобордоог олон төрлийн ашигтай бичил биетнийг ашиглан гарган авсан. Ашигт бичил биетүүд нь бие биеийнхээ идэвхийг дэмжин идэвхтэй өсөж үрждэг учраас тус бүрийн тодорхой үүргийг гүйцэтгэн үржил шим багатай хөрсийг баяжуулж, ургамлын өсөлт хөгжлийг дэмждэг [16]. 2015, 2016 онд Сайнбилэг нарын Төв аймгийн Баянчандмань сумын “Мянган хурга” нэртэй газарт байрлах “Мон-Агроник” ХХК-ийн мод үржүүлгийн талбай дахь Сибирь нарсанд (*Pinus sibirica*) хийсэн туршилтаас харахад компост бордоогоор бордсон модны дундаж өндрийг хяналтын бүлэгтэй харьцуулахад 1.37 см/жил, шингэн “Урга” биобордоогоор бордсон үед 8.57 см/жилээр тус тус нэмэгдсэн. Харин бидний судалгаагаар туршилтын 2 дахь жилд (2024 он) Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-г компост бордоогоор бордоход модны дундаж өндөр хяналтын бүлэгтэй харьцуулахад 15.18 см/жилээр нэмэгдсэн нь статистикийн хувьд эрс ялгаатай байв. Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-ний хяналтын бүлгийн жилийн өсөлт 69 см/жил, компост бордоогоор бордсон үед 84.18 см/жил байв. Компост бордоогоор бордсон модны өсөлтийн дундаж үзүүлэлтийг туршилт эхлэх үеийн хэмжилтийн дундаж утгатай харьцуулахад Р утга нь 0.005 буюу Сибирь шинэсний ургалтад компост бордоо нөлөөлж байгааг харуулж байна (1-р зураг).

Сибирь шинэс (*Larix sibirica*) өсөлт, см/жил



1-р зураг. Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-г компост бордоогоор бордсон үр дүн

Дүгнэлт

1. Сибирь шинэс (*Larix sibirica*)-г компост бордоогоор бордоход модны жилийн дундаж өсөлт нэмэгдэж, хөрсний эрүүл төлөв байдалд эерэг нөлөө үзүүлж байна.
2. Органик хог хаягдал зэрэг түүхий эдийг бичил биетнээр боловсруулан компост бордоо үйлдвэрлэх нь хөрсний үржил шимийг сайжруулж, бохирдлыг бууруулах, биобүтээмжийг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой байна.

Талархал

Энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэх нөхцөл боломжийг олгосон БСШУЯ, Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан, ШУА-ийн Биологийн Хүрээлэн, “Дэлхийн Цэцэрлэгт хүрээлэн Монголд” ТББ-н хамт олонд талархаж байгаагаа илэрхийлье.

Ашигласан бүтээл

- [1] J. Singh and A. S. Kalamdhad, “Assessment of compost quality in agitated pile composting of water hyacinth collected from different sources” International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, vol. 4, no. 3, pp. 175-183, Sep. 2015, <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0097-z>
- [2] Z. Wang, Y. Xu, T. Yang, Y. Liu, T. Zheng, and C. Zheng, “Effects of biochar carried microbial agent on compost quality, greenhouse gas emission and bacterial community during sheep manure composting” Biochar, vol. 5, no. 1, Dec. 2023, <https://doi.org/10.1007/s42773-022-00202-w>
- [3] “Биотехнологийн хөгжил ба генетик нөөцийн ашиглалт” Онол-практикийн бага хурлын эмхэтгэл. 2018.

[4] Ганхуяг. Ш, ЭМ технологи. 2008.

[5] D. Hidalgo, F. Corona, and J. M. Martín-Marroquín, “Manure biostabilization by effective microorganisms as a way to improve its agronomic value” Oct. 01, 2022, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02428-x>

[6] Монгол орны ойн салбарын нэгдсэн лавлах, “Ногоон лавлах,” 2024.

[7] Дорждэрэм. Т., Түвшинсайхан. Э., Ариунбаатар. Т., “Сибирь шинэсний (*Larix sibirica* Ldb) үрийн морфологи хэмжээг харьцуулсан судалгаа” Ерөнхий болон сорилын биологийн хүрээлэн, Эрдэм шинжилгээний бүтээл, pp. 106-112, 2017.

[8] Эрдэнэжав. Г, Атаршсан газар ба хөрсний үржил шим. 2008.

[9] Монгол Улсын Стандартчилал Хэмжил Зүйн Үндэсний Төв, “MNS 6341:2012, Хөрсний чанар, Хөрсөнд эрүүл зүйн нян судлалын шинжилгээний арга,” Улаанбаатар, 2012.

[10] Монгол Улсын Стандартчилал Хэмжил Зүйн Үндэсний Төв, “MNS ISO 18400-206:2016, Хөрсний чанар, дээж авах, савлах, тээвэрлэх стандарт.”

[11] C. Lin, N. K. Cheruiyot, X. T. Bui, and H. H. Ngo, “Composting and its application in bioremediation of organic contaminants”, 2022, Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2017624>

[12] T. Ahmed et al., “Fertilization of Microbial Composts: A Technology for Improving Stress Resilience in Plants”, Oct. 01, 2023, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants12203550>

[13] Z. Y. Yang et al., “Composite bacterial agent increases microbial diversity and speeds up the composting process of sheep manure and tailed vegetables on

- Tibetan Plateau”, *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, vol. 30, no. 2, pp. 406-416, 2024, <https://doi.org/10.11674/zwyf.2023363>
- [14] X. Zhao, J. Li, Z. Che, and L. Xue, “Succession of the Bacterial Communities and Functional Characteristics in Sheep Manure Composting”, *Biology (Basel)*, vol. 11, no. 8, Aug. 2022, <https://doi.org/10.3390/biology11081181>
- [15] Батмагнай. Г, “Хүлэмжинд ургуулсан Сибирь шинэсний тарьцын өсөлтөнд бордооны нөлөөг судалсан дүнгээс”, *Монгол орны геоэкологийн асуудал*, pp. 96-102, 2011.
- [16] Рэнцэнханд. Ц., Цэрэндулам. Д. Сайнбилэг. П., “Бүтээмжит бичил биетний гаралтай биобордоог нарс (*Pinus sylvestris* L.) модонд туршсан дүнгээс”, *Хүрэл тогоот -2017. Биологи, ХАА-н салбар, Бүтээлийн эмхэтгэл*, pp. 106-112, 2017.
- [17] J. Bai et al., “Effects of Sewage Sludge Application on Plant Growth and Soil Characteristics at a *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Plantation in Horqin Sandy Land,” *Forests*, vol. 13, no. 7, Jul. 2022, <https://doi.org/10.3390/f13070984>
- [18] Базарсад. Ч, “Сибирь шинэсний тарьцын өсөлтөд үзүүлэх бордооны нөлөөг судалж эхэлсэн зарим үр дүнгээс”, *БНМАУ-ын Ойн нөөц сэргээх асуудалд*, Улаанбаатар, pp. 29-35, 1989.
- [19] Зулцэцэг. Ч., Наранбаяр. Э., Баяртулга. Б., Батсайхан. Г. Сайнбилэг. П., “Сибирь шинэсний (*Larix Sibirica* Ldb) тарьцанд үзүүлэх биобордооны нөлөө”, *Ургамал хамгааллын эрдэм шинжилгээний хүрээлэнгийн бүтээл*, pp. 99-104, 2019.
- [20] Батдорж. Д, Цогтбаатар. Ж., Вандандорж. С. “Монгол орны геоэкологийн асуудал”, *Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн*, vol. 42, pp. 507-513, Dec. 2021.
- [21] D. J. Sudrajat, Y. Bramasto, B. Litbang, T. Perbenihan, T. Hutan, and K. P. Putri, “Early Growth Comparison of the Fast-Growing Tree Species in Mixed-Species Plantation Planted with Agroforestry and Biofertilization”, *Article in International Journal of Agriculture and Biology*, 2024, <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.2151>
- [22] J. Tong, X. Sun, S. Li, B. Qu, and L. Wan, “Reutilization of green waste as compost for soil improvement in the afforested land of the Beijing Plain”, *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 7, Jul. 2018, <https://doi.org/10.3390/su10072376>