

Декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло-каштановых почв

Алия Шамильевна Хужахметова

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

aliyasham@mail.ru

 0000-0001-5127-8844

Кристина Андреевна Мельник

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Поступила в редакцию 19.02.2022

Принята 27.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/y6955-0248-0964-y

Аннотация

Многолетние находки представителей рода *Gleditsia* L. в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178) показало, что растения нетребовательны к почве, являются засухоустойчивыми и зимостойкими. В зеленых насаждениях населенных пунктов и зеленых зона пригородных территориях Волгоградской области встречаются крайне редко. Цель – оценить декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло- каштановых почв в Волгоградской области. Оценка общей декоративности видов и форм проводилась по 5- бальной шкале по комплексу признаков. Проведен сравнительный анализ декоративности *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis* и установлена вариабельность (31,4-34,4 балла). Она позволяет осуществить подбор наиболее декоративных видов и образцов в Волгоградской области. Результаты комплексной оценки позволили отнести *G. triacanthos* f. *inermis* к высоко декоративным растениям, которые не имеют колючек, поэтому рекомендуются применять в зеленом строительстве населенных мест (уличные насаждения, парковые аллеи и ажурные группы). *Gleditsia triacanthos*, как наиболее зимостойкий вид рекомендуется для лесоразведения, широко может быть применен при формировании зеленых зон пригородных ландшафтов в богарных условиях. Слабая зимостойкость у *G. caspica* является генетически обусловленным признаком и сказывается на общей декоративности. *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносят обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей. Для формирования многокомпонентных групповых посадок с участием представителей *Gleditsia* следует вводить деревья с ажурной кроной (*Robinia pseudoacacia*) и кустарники (*Sorbaria sorbifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica* и т.д.).

Ключевые слова

декоративность, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, зеленое строительство, ландшафтные композиции

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 1210412000197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Эстетический облик урбанизированных территорий вносит вклад в создание комфортных условий для жизни горожан (Ishwar, 2021; Manoj, 2021; Sujatha, 2021). Декоративные свойства древесных пород определяются: формой кроны, цветением, цветовой гаммой листьев и т.д. (Декоративные, 2021; Залывская, 2012). Указанные свойства древесных растений имеют важное значение при использовании их в садово-парковом строительстве (Семенютина, 2021; Md Faruque, 2019; Wen, 2021). Поэтому необходимо учитывать тот факт, что их декоративность зависит как от свойств самого растения, так и от условий среды, в которых происходит его развитие (Ayushi, 2021; Osama, 2022; Todd, 2019; Usha, 2021).

Gleditsia – один из самых представительных родовых комплексов семейства Caesalpiniaceae, и является весьма перспективным при выборе экологического важного ассортимента древесных растений в зоне светло-каштановых почв в Волгоградской области (Семенютина, 2021).

Представители рода *Gleditsia* отличаются высокими декоративными свойствами, они перспективны для создания выразительных композиций в зеленом строительстве и выполняющие средообразующие функции в малолесных регионах (Semenyutina, 2022).

Цель – оценить декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло-каштановых почв в Волгоградской области.

Материалы и методы исследования

Проведен сравнительный анализ между видами и формами рода *Gleditsia*: *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178). Наблюдение проводилось по критериям, которые определяют декоративность представителей рода *Gleditsia*. Для оценки качества исследуемых декоративных свойств использовалась пятибалльная шкала (таб. 1).

Таблица 1. Количественная и качественная оценка декоративности

Показатели	1	2	3	4	5
Крона	> 70 % сухих веток и ствол повреждён	> 40 % сухих веток	сформирован ствол и ветки кроны	четко выраженная форма до 50 лет жизни	Четко выраженная форма кроны в период всей жизни
Длительность цветения	нецветущие	только при определенных условиях среды	около недели	больше двух недель	больше месяца
Обильность цветения	цветы/завязи и / плоды в обильном количестве имеются 10-20 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 30-40 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 50-60 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 70-80 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 70-80 % деревьев
Цветки/ соцветия	цветки практически незаметны и их не видно	цветки/ соцветия мелкие до 2 см,	цветки/ соцветия мелкие до 5 см, окраска тухлая, запах резкий	цветки/ соцветия мелкие до 10 см, окраска	цветки/ соцветия мелкие до 15 см, окраска

		невзрачные, запах резкий		привлекательна я, запах цветков приятный	яркая, весьма привлекательна я, запах цветков приятный
Осенняя окраска листьев	один цвет	доминирующи й цвет и различные оттенки	около двух цветов окраски	разнообразная окраска	от трех до семи и более расцветок
Продолжительнос ть облиствения	поздно распускают ся и рано оппадают	рано распускаются и рано оппадают	поздно распускаются и рано опадают	рано распускаются и поздно оппадают	вечнозеленые
Плоды	очень мелкие и некрасивые , окраска нехарактер на для вида, сильно поврежден ы вредителям и и болезнями	некрасивые мелкие, форма приглядная, повреждены болезнями	удовлетворительн ого вида, имеются повреждение болезнями и вредителям, длительность удержания плодов на ветвях не превышает двух месяцев	допускается незначительн ое повреждения вредителями, плоды сохраняются на ветвях около 2-3 месяцев	Очень красивые, без повреждений и болезней, плоды несколько месяцев удерживаются на ветвях
Зимостойкость	погибает выше уровня снежного покрова надземная часть	обмерзают побеги (2-3 летние) и скелетные ветви	повреждаются на 100% длины однолетние побеги	повреждаются более 50% длины однолетние побеги	повреждаются незначительн о (от 15 - 50%) длины однолетние побеги

Все баллы, присвоенные *Gleditsia* L. по критериям, суммируют и определяют степень декоративности деревьев (суммарный балл от 30 до 40 – высокая степень декоративности, от 25 до 30 – средняя степень, от 10 до 25 – низкая степень декоративности, от 1 до 10 очень низкая степень декоративности) [2, 7].

Результаты и обсуждение

Все виды рода *Gleditsia* L. характеризуется широкой, развесистой кроной и ветвями. *G. triacanthos* с широко цилиндрической ажурной кроной, закругленной поверху, и стволом, покрытым темно-бурой, морщинистой, позднее трещиноватой корой. *G. triacanthos* f. *inermis* имеет более узкую крону. *G. caspica* с шаровидной кроной, а побег и молодые ветви желтовато-зеленые. Для уличных посадок и аллей необходимы деревья со стволами на большую высоту свободными от ветвей и сучьев. *G. triacanthos* f. *inermis* рекомендуется для уличных насаждений, парковых аллей и ажурных групп (рис. 1, 2).

Колючие деревья и кустарники ценны для устройства непроходимых живых изгородей. Колючесть *Gleditsia* L. является типичным видовым знаком породы. *G. triacanthos* имеет обильные простые крепкие колючки до 10 см длины, сплюснутые по крайней мере у основания и разветвлённые,

острые. Колючки *G. caspica* простые, реже ветвистые, сплюснутые с боков, черные, очень обильные. Из *G. texana* с длинными колючками быстро создаются совершенно непроходимые изгороди (рис. 3).

Оттенки окраски листьев от доминирующего основного цвета представляют большую ценность для зеленого строительства. Окраска листьев осенью у видов рода *Gleditsia* L. в городских и естественных условиях весьма яркая (рис. 4).

Величина цветков также имеет существенно значение. Мелкие цветки малодекоративны и могут обратить на себя внимание лишь при обильном цветении. Наиболее декоративны древесные виды с небольшими цветками, которые собраны в крупные соцветия. Мужские цветки у *G. texana* и *G. triacanthos* собраны в кисти от 6 – 12 см длины. Женские цветки так собраны в соцветия – кисти, но более короткие, чем мужские, до 8-9 см длины. Женские цветки *G. caspica* собраны в кисть длиной 10 -15 см.



А



Б



В



Г

Рисунок 1. Ажурная крона деревьев *Gleditsia* L.
(А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*; В - *G. texana*; Г - *G. triacanthos* f. *inermis*)



A



Б



В



Г

Рисунок 2. Текстура стволов представителей рода *Gleditsia* L. (А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*; В - *G. texana*; Г - *G. triacanthos* f. *inermis*)



A



Б

Рисунок 3. Колючки видов рода *Gleditsia* L. (А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*)



Рисунок 4. Цветовая гамма листьев рода *Gleditsia* L. в осенний период

Окраска цветков играет весьма важную роль их декоративном эффекте. Окраска цветков *Gleditsia* L. бывает желтой с различными оттенками, которые невероятно привлекательны для опыления насекомых и, таким образом, имеет душистый ароматный запах. Продолжительность цветения зависит от биоэкологической особенности различных видов *Gleditsia* L (рис. 5).



Рисунок 5. Соцветия рода *Gleditsia* L (фаза цветения)

В период созревания плодов различных видов рода *Gleditsia* L наблюдались изменения цвета. Цвет оболочки менялся с переходами от светло-зеленого до темно-коричневого.

Молодые плоды имеют от трех до пяти расцветок. Плоды всех видов *Gleditsia* в большинстве случаев остаются на деревьях до весны следующего года. Плоды *G. caspica* изогнутые, остроконечные, черно-коричневые, кожистые, внутри с мякотью, 23 -29 см длины, 2,5 – 3 см ширины, с 14 -30 темно-коричневыми, приплюснутыми, овальными семенами. Плоды *G. triacanthos* по форме очень разнообразны – от изогнутых до почти прямых удлинённо-ланцетных с плодоножкой до 7 см длины. Длина плода 37 – 40 см и ширина 4- 5 см, темно – и светло – коричневого цвета, внутри с сладкой мякотью. Бобы сидят на пучках до 8 штук. Плод у *G. texana* прямой, светло – коричневый, без мякоти, длиной 10 -12 см, шириной 2-3 см, с 4 – 8 темно-коричневыми, сплюснутыми, округлыми семенами (рис. 6, табл. 2).



Рисунок 6. Плоды различных видов рода *Gleditsia* L.

Таблица 2. Характеристика плодов рода *Gleditsia* L.

Виды	Ширина плода (см)	Длина плода (см)	Повреждения вредителями и болезнями
<i>G. texana</i>	2-3	10-12	незначительное
<i>G. caspica</i>	2,5-3	23-29	имеются повреждения болезнями и вредителями
<i>G. triacanthos</i>	2-4	37-40	незначительное
<i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>	2-3	12-25	-

Изменение зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* зависит от факторов внешней среды. Сравнительная оценка к отрицательным температурам показала, что самая низкая зимостойкость у *Gleditsia caspica* является генетически обусловленным признаком. Ареал естественного распространения этого вида находится в Ленкоранской низменности, в связи с чем он является самым теплолюбивым видом родового комплекса.

Gleditsia L рекомендуют для создания изгородей от 2 до 6 м. Расстояние между деревьями должно быть 1-2 м, а между рядами 2-3 м. *Gleditsia* переносит стрижку в любом возрасте. Типичные формы для стрижки у рода *Gleditsia* используют: овальную, шаровидную и яйцевидную.

Gleditsia хорошо подходит к нашему региону, растения не требовательно к почве и является засухоустойчивым родом. *Gleditsia triacanthos*, как наиболее зимостойкий вид рекомендуется для лесоразведения в сухой степи, так же широко может быть применен при формировании зеленых зон пригородных ландшафтов в богарных условиях (таб. 3).

Зеленое строительство помогает обеспечить более благоприятный микроклимат и уменьшить выветривание, сохраняя плодородие почв.

Таблица 3. Ассортимент изучаемых видов и форм *Gleditsia* для Волгоградской области

Природные зоны	Рекомендуемые виды
Степная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. caspica</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>
Полустепная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. caspica</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>
Полупустынная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>

Хорошо сочетаются с *Gleditsia*, деревья с ажурной кроной (*Robinia pseudoacacia*) и кустарники (*Sorbus aucuparia* (2), *Sorbaria sorbifolia* (3), *Laburnum anagyroides* (4), *Caragana arborescens* (5), *Spiraea japonica* (6), рис. 7).



Рисунок 7. Сочетания различных древесных пород с *Gleditsia* (1)

Результаты комплексной оценки изучаемых видов и форм рода *Gleditsia*, позволили отнести *G. triacanthos* f. *inermis* к высоко декоративным растениям (таб. 4).

Таблица 4. Суммарная оценка декоративности рода *Gleditsia*

Показатели	Виды, формы <i>Gleditsia</i> (естественный ареал)			
	triacanthos (Сев. Америка)	texana (Сев. Америка)	capsica (Ленкорань)	triacanthos f. inermis (Сев. Америка)
Крона	4,5	4,1	4	4,8
Длительность цветения	4,3	4,2	4,8	4,3
Обильность цветения	5	4,5	4,9	5
Цветки/ соцветия	4,6	4,4	5	4,7
Осенняя окраска листьев	2	2	2	2
Продолжительность облиствения	3,6	3,2	3,1	3,8
Плоды	4,9	4,5	3,9	5
Зимостойкость	4,8	4,7	3,7	4,8
Сумма баллов	33,7	31,7	31,4	34,4

G. triacanthos f. *inermis* не имеет колючек, поэтому желательно применять в зеленом строительстве населенных мест. *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносит обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей.

Заключение

Комплексная оценка декоративности связана с засухоустойчивостью и зимостойкости представители рода *Gleditsia*. Установлено преимущество североамериканского интродуцента и перспективность его для искусственных насаждений вокруг и внутри населенных пунктов Волгоградской области.

G. triacanthos f. *inermis* высоко декоративное растения, не имеет колючек, рекомендуется для уличных насаждений, парковых аллей и ажурный многокомпонентных групп с участием разных жизненных форм *Robinia pseudoacacia*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica* и т.д.). *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносит обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей.

Список литературы

1. Декоративные характеристики для подбора кустарников при реновации дендрологических экспозиций: пат. 2021621506 Рос. Федерация: RU2021621618. 2021.
2. Зальвская О.С., Бабич Н.А. Шкала комплексной оценки декоративности деревьев и кустарников в городских условиях на Севере // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. №1. С.96-104
3. Семенютина А.В., Мельник К.А. К вопросу морозоустойчивости и зимостойкости видов *Gleditsia* в условиях региона сухостепной зоны. Успехи современного естествознания // 2021. № 4. С. 33-38. DOI:10.17513/use.37604
4. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Лазарев С.Е. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах: Монография. 2021. 288 с.
5. Ayushi N., Ankita B., Niranjana M. Effects of Green Buildings on the Environmen. Digital Cities Roadmap 2021. pp. 477-507 DOI:10.1002/9781119792079.ch15
6. Ishwar C. Dhingra Guidelines for Greening Building, Green Economy: Opportunities and Challenges 2021. pp. 251 - 758 DOI: 10.4324/9781003206729-12

7. Manoj K., Ashok K.S. Sanjav A., Pravesh T. Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2021. DOI:10.1088/1757-899X/1116/012166
8. Md Faruque H. Green building complexes. Sustainable Development for Mass Urbanization. 2019. pp 291-315 DOI:10.1016/B978-0-12-817690-0.00012-9.
9. Osama E., Omar O: Elrawy Contextual Factors in Green Building Rating. The International Journal of Architectonic Spatial and Environmental Design. 2022 DOI:10.18848/2325-1662/CGP/v16i01/105-124
10. Semenyutina A.V., Melnik K.A. Semenyutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. Volume 23. Issue 1. pp. 19-24 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/143136>
11. Sujatha R., Muthumari G., Kousalya G., Zanaithur R. Green building design, 2020. DOI:10.1201/978042919047636
12. Todd P. West Woody Plant Structure. Stress Physiology of Woody Plant. 2019. pp.1-14. DOI:10.1201/9780429190476-1
13. Usha I.R., Karishma K. Industry, Innovation and Infrastructure. 2021.pp. 403-414. DOI:10.1007/978-3-3-319-95873-6_20
14. Wen Z. Application of Green Building Design in Residential Buildings. Journal of Architectural Research and Development.2021. pp. 55-60 DOI:10.26689/jard.v5i6.2782.

Decorative properties of the genus *Gleditsia* in the zone of light chestnut soils

Aliya Sh. Khuzhakhmetova

candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Ecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
aliyasham@mail.ru
 0000-0001-5127-8844

Kristina A. Melnik

postgraduate student, Junior Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
melnik-k@vfanc.ru
 0000-0002-7345-2751

Received 19.02.2022

Accepted 27.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/y6955-0248-0964-y

Abstract

Long - term finding of representatives of the genus *Gleditsia* L. in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Cadastre. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; Cadastre No. 34:36:0000:14:0178) showed that plants are undemanding to the soil, are drought-resistant and winter-hardy. In the green spaces of settlements and the green zone of suburban territories of the Volgograd

region are extremely rare. The aim is to evaluate the decorative value of representatives of the genus *Gleditsia* in the zone of light chestnut soils in the Volgograd region. The assessment of the overall decorative nature of species and forms was carried out on a 5-point scale according to a set of features. A comparative analysis of the decorativeness of *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis* was carried out and variability was established (31.4-34.4 points). It allows you to select the most decorative species and samples in the Volgograd region. The results of a comprehensive assessment made it possible to attribute *G. triacanthos* f. *inermis* to highly decorative plants that do not have thorns, therefore they are recommended to be used in the green construction of populated areas (street plantings, park alleys and openwork groups). *Gleditsia triacanthos*, as the most winter-hardy species is recommended for afforestation, can be widely used in the formation of green zones of suburban landscapes in rain-fed conditions. Weak winter hardiness in *G. caspica* is a genetically determined trait and affects. *G. caspica* is promising for single plantings and in large groups. *G. texana* and *G. triacanthos* tolerates pruning well and can be recommended for creating trimmed hedges. To form multicomponent group plantings with the participation of *Gleditsia* representatives, trees with an openwork crown (*Robinia pseudoacacia*) and shrubs (*Sorbaria sorbifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica*, etc.) should be introduced.

Keywords

decorative, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, green construction, landscape compositions.

The research was carried out within the framework of state tasks (Registration number: 1210412000197-8) funding by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Dekorativnye karakteristiki dlja podbora kustarnikov pri renovacii dendrologicheskikh jekspozicij: pat. 2021621506 Ros. Federacija: RU2021621618. 2021.
2. Zalyvsckaja O.S., Babich N.A. Shkala kompleksnoj ocenki dekorativnosti derev'ev i kustarnikov v gorodskih uslovijah na Severe // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. 2012. №1. S.96-104
3. Semenjutina A.V., Mel'nik K.A. K voprosu morozoustojchivosti i zimostojkosti vidov *Gleditsia* v uslovijah regiona suhostepnoj zony. Uspehi sovremennogo estestvoznanija // 2021. № 4. S. 33-38. DOI:10.17513/use.37604
4. Semenjutina A.V., Svincov I.P., Huzhahmetova A.Sh., Semenjutina V.A., Lazarev S.E. Mobilizacija dendrologicheskikh resursov i puti sohraneniya ih bioraznoobrazija v malolesnyh regionah: Monografija. 2021. 288 s.
5. Ayushi N., Ankita B., Niranjan M. Effects of Green Buildings on the Environmen. Digital Cities Roadmap 2021. pp. 477-507 DOI:10.1002/9781119792079.ch15
6. Ishwar C. Dhingra Guidelines for Greening Building, Green Economy: Opportunities and Challenges 2021. pp. 251 - 758 DOI: 10.4324/9781003206729-12
7. Manoj K., Ashok K.S. Sanjav A., Pravesh T. Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2021. DOI:10 1088/1757- 899X/1116/012166
8. Md Faruque H. Green building complexes. Sustainable Development for Mass Urbanization. 2019. pp 291-315 DOI:10.1016 /B978-0-12-817690- 0.00012-9.
9. Osama E., Omar O: Elrawy Contextual Factors in Green Building Rating. The International Journal of Architectonic Spatial and Environmental Design. 2022 DOI:10.18848/2325-1662/CGP/v16i01/105-124
10. Semenyutina A.V., Melnik K.A. Semenyutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. Volume 23. Issue 1. pp. 19-24 DOI: [https://doi.org/ U 10. 12912/27197050/143136](https://doi.org/10.12912/27197050/143136)

11. Sujatha R., Muthumari G., Kousalya G., Zanaithur R. Green building design, 2020. DOI:10.1201/978042919047636
12. Todd P. West Woody Plant Structure. Stress Physiology of Woody Plant. 2019. pp.1-14. DOI:10.1201/9780429190476-1
13. Usha I.R., Karishma K. Industry, Innovation and Infrastructure. 2021.pp. 403-414. DOI:10.1007/978-3-3-319-95873-6_20
14. Wen Z. Application of Green Building Design in Residential Buildings. Journal of Architectural Research and Development.2021. pp. 55-60 DOI:10.26689/jard.v5i6.2782.