

Г.Т. Максутбекова*

*Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, Кыргызстан***Автор для корреспонденции: gulia_80-80@mail.ru*

Оценка физиологических показателей растений рода *Populus* в аридных условиях Жезказгана

Создание современных зеленых насаждений должно базироваться на подборе устойчивого ассортимента. Устойчивость оценивается на основе ряда физиологических показателей. Особую ценность представляют предварительные испытания, необходимые для промышленных регионов со сложными климатическими условиями. Цель настоящего исследования — изучение устойчивости 4-х видов тополей к засухе, зимним условиям, действию болезней и вредителей, атмосферное загрязнение. Оценка устойчивости проводилась для видов *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus canadensis* и *Populus nigra*, охватывая период с 2015 по 2019 гг. Итоги визуальных наблюдений показали, что все виды тополей обладают высокой зимостойкостью — 4–5 баллов. Максимальная зимостойкость отмечена для тополя белого, минимальная — для тополя канадского. Газоустойчивость тополей оценена в 3–5 баллов. Наибольшая устойчивость отмечена у тополя бальзамического, минимальная — у тополя канадского. Устойчивость к засухе среди видов тополей оценена в 3–4 балла. Тополь белый и канадский показали наименьшую устойчивость к засухе, тогда как тополь канадский — максимальную. Оценочные баллы устойчивости к болезням и вредителям составили 4–5 баллов, наибольшие показатели отмечены для тополя бальзамического, минимальные — для тополя черного. На основе выявленных показателей предложены направления использования тополей в зеленом строительстве.

Ключевые слова: *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus canadensis*, *Populus nigra*, физиологические показатели, устойчивость, аридные условия, Жезказган.

Введение

Тенденции современного зеленого строительства ориентируются не только на формирование устойчивого и адаптивного, но и декоративного ассортимента [1]. Для озеленения населенных пунктов интерес представляют быстрорастущие культуры, которые позволяют быстро создать большой объем насаждений, эффективно поглощают вредные выбросы, устойчивы к антропогенной среде [2].

Зеленые насаждения — важнейший элемент градостроительства, фактор, имеющий большое значение в санитарно-гигиеническом, архитектурно-планировочном и социальном отношении. Санитарно-гигиеническое значение зеленых насаждений весьма велико и многосторонне. Важнейшая гигиеническая особенность зеленых насаждений выражается в регулировании теплового и радиационного режимов, в создании микроклимата, обеспечивающего комфортные условия внешней среды.

Значительную проблему представляет подбор ассортимента для промышленных городов, расположенных в условиях аридной зоны. Так, высокий уровень загрязнения накладывается на дефицит влаги, высокие летние и низкие зимние температуры.

Таковыми условиями обладает Жезказганский промышленный регион. Он является сложным объектом для озеленения из-за суровых климатических условий [3, 4]: зимы умеренно или сильно-морозные, часто с минимальным снежным покровом, часто отмечены оттепели; весна — короткая и сухая; лето — знойное с низкой относительной влажностью воздуха, минимальным количеством осадков и постоянными суховеями. Развитие горнодобывающей промышленности привело к высокому уровню загрязнения городской среды [5].

Значительным потенциалом для дальнейшего озеленения является род тополь — *Populus* L. из семейства *Salicaceae*, который отличается быстрым ростом, хорошим возобновлением и высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям [6–9]. Ранее растения рода тополь прошли интродукционное испытание в Центральном Казахстане, но были не в полной мере определены их физиологические показатели для Жезказганского промышленного региона.

Цель настоящего исследования — изучить показатели устойчивости 4-х видов тополей в условиях города Жезказган (Центральный Казахстан).

Объекты и методика исследований

Объектом исследования являлись растения рода тополь: тополь серебристый, или белый (*Populus alba* L.); тополь черный, или осокорь (*Populus nigra* L.); тополь канадский (*Populus canadensis* Moench); тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.).

Исследования вели в 2015–2019 гг. на территории г. Жезказгана (Карагандинская область, Казахстан). Изучали следующие параметры: зимостойкость, засухоустойчивость, газоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям.

Оценку зимостойкости, засухоустойчивости, газоустойчивости и устойчивости к болезням и вредителям проводили визуально в соответствии со стандартными указаниями «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [10].

Зимостойкость оценивали по 6-балльной шкале:

- 0 баллов — полное вымерзание растения;
- 1 балл — побеги повреждаются до уровня искусственного утепления (окучивание землей);
- 2 балла — побеги повреждаются до уровня снегового покрова;
- 3 балла — побеги повреждаются более чем наполовину длины;
- 4 балла — повреждаются только верхушки побегов;
- 5 баллов — растение вполне зимостойко, повреждений не отмечено.

Засухоустойчивость оценивали по 6-балльной шкале:

- 0 баллов — растение погибло;
- 1 балл — листья опали, но осевые органы сохраняются;
- 2 балла — большинство листьев и верхушки молодых побегов полностью высыхают;
- 3 балла — у большинства листьев наблюдаются частичные повреждения и потеря тургора;
- 4 балла — в дневные часы наблюдается некоторая потеря тургора листьев;
- 5 баллов — растения не реагируют на засуху.

Газоустойчивость оценивали по 6-балльной шкале:

- 0 баллов — растение погибает при воздействии загрязненного воздуха;
- 1 балл — негазоустойчивые;
- 2 балла — слабогазоустойчивые;
- 3 балла — относительно газоустойчивые;
- 4 балла — газоустойчивые;
- 5 баллов — высокогазоустойчивые.

Устойчивость к болезням и вредителям по 6-балльной шкале:

- 0 баллов — растение погибает от повреждений вредителями и болезнями;
- 1 балл — очень низкая — зачастую растение сильно поражается, что приводит к гибели свыше 50 % их количества;
- 2 балла — низкая — поражения средние, вредителями и болезнями охватывается не более 25–50 %, некоторые органы повреждаются в сильной степени;
- 3 балла — средняя — повреждаемость по максимуму средняя, 11–25 % поверхности, сильно пораженные органы не встречаются;
- 4 балла — высокая устойчивость — растение не повреждается вообще вредителями и болезнями или повреждается, но за весь период наблюдений максимальная степень поражаемости анатомических органов не превысила 10 %;
- 5 баллов — не повреждается — «здоровое растение».

Результаты и их обсуждение

Визуальная оценка зимостойкости проводилась дважды за сезон: в начале вегетации, когда хорошо заметны зимние повреждения, а также в середине лета, когда можно установить степень восстановления поврежденных частей растения.

Многолетние наблюдения показатели, что виды тополей имеют зимостойкость 4–5 баллов (табл. 1), причем молодые деревья лучше переносят зимние периоды, тогда как взрослые имели незначительные повреждения [11].

Визуальная оценка зимостойкости тополей в условиях г. Жезказгана

Вид	Баллы зимостойкости			
	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.
Тополь белый	5	5	5	5
Тополь черный	5	4	5	5
Тополь канадский	4	4	5	5
Тополь бальзамический	5	5	5	5

Максимальную зимостойкость показал тополь белый, у которого во все годы наблюдения балл зимостойкости составлял 5, минимальную — тополь канадский, у которого в половине зимних периодов зимостойкость равнялась 4 баллам.

Таким образом, все виды тополей могут успешно переносить зимний период в условиях г. Жезказгана.

Промышленные центры Казахстана отличаются сложной экологической ситуацией вследствие размещения промышленных предприятий. Жезказганский промышленный регион характеризуется добычей медной руды, ее обогащением и выплавкой катодной меди. Основными загрязняющими атмосферу веществами являются окислы серы, углерода и сернистый ангидрид. Данные газы характеризуются отрицательным воздействием на растительный покров, в целом, и на древесно-кустарниковые культуры, в частности [12]. Поэтому активным вопросом при подборе устойчивого ассортимента растений является не только учет погодно-климатических условий региона, но и степень загрязнения атмосферы.

Для обследованных видов показатели газоустойчивости составили от 3 до 5 баллов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Визуальная оценка газоустойчивости тополей в условиях г. Жезказгана

Вид	Баллы газоустойчивости			
	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.
Тополь белый	4	4	4	5
Тополь черный	4	4	5	5
Тополь канадский	3	3	4	3
Тополь бальзамический	5	5	5	5

Результаты обследования показали, что наибольшей устойчивостью к атмосферному загрязнению обладает тополь бальзамический, у которого не выявлены повреждения, минимальной — тополь канадский, который имел оценочные баллы от 3 до 4. Остальные виды показали средние значения газоустойчивости, что позволяет их применять в озеленении города. Тополь бальзамический можно рекомендовать для создания газозащитных полос вдоль промышленных предприятий, а также активно внедрять в озеленение улиц и проспектов. Тополь канадский, обладающий самыми низкими показателями газоустойчивости, можно рекомендовать для насаждений в парковых зонах, формирования посадок за пределами города [13].

Засухоустойчивость растений в условиях Жезказганского промышленного региона проанализирована нами на основании состояния тургора листьев. Оценка данного показателя является важной для условий Жезказганского промышленного региона, что обусловлено высокими положительными температурами в вегетационный период и острым дефицитом осадков.

Так, если в течение вегетационного периода листья растений практически не реагируют на жаркие погодные условия либо наблюдается слабая потеря тургора, то данные растения обладают максимальной засухоустойчивостью. Чем больше повреждений наблюдается у растений, тем менее засухоустойчивыми они являются [14].

Результаты наблюдений показали, что тополя обладали устойчивостью к засухе от 3 до 4 баллов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Визуальная оценка засухоустойчивости тополей в условиях г. Жезказгана

Вид	Баллы газоустойчивости			
	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.
Тополь белый	3	3	3	3
Тополь черный	3	4	4	4
Тополь канадский	3	3	3	3
Тополь бальзамический	4	4	4	4

Тополь белый и канадский показали наименьшую устойчивость к засухе, тогда как тополь канадский — максимальную. Таким образом, все тополя требуют обязательного орошения в вегетационный период, особенно чувствительны к поливу тополь белый и канадский.

На последнем этапе была проанализирована устойчивость к болезням и вредителям. Данная устойчивость, или иммунитет, проявляется, как в полной либо относительной невосприимчивости растений к заболеваниям. Повреждаться могут различные органы. Часто фитофагоустойчивость растений зависит от климатических условий, видовой принадлежности и общего состояния растения.

Многолетние обследования зеленых насаждений показали, что тополя оказались устойчивыми к болезням и вредителям, показав средние оценочные баллы около 4 (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Визуальная оценка засухоустойчивости тополей в условиях г. Жезказгана

Вид	Баллы газоустойчивости			
	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.
Тополь белый	5	4	4	5
Тополь черный	4	4	4	4
Тополь канадский	4	4	4	5
Тополь бальзамический	5	5	5	4

Самым устойчивым к возбудителям заболеваний и насекомым-вредителям оказался тополь бальзамический, минимальные показатели были определены у тополя черного. Таким образом, достаточная устойчивость видов тополей позволяет рекомендовать их для широкого внедрения в массовое озеленение и создания зеленых насаждений различного типа.

Заключение

Таким образом, по итогам проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. В условиях г. Жезказгана все обследованные виды тополей показали высокую зимостойкость, оцененную в 4–5 баллов. Максимальная зимостойкость отмечена для тополя белого, минимальная — для тополя канадского.

2. Оценка газоустойчивости тополей позволила присвоить изучаемым видам тополей от 3 до 5 баллов. Результаты обследования показали, что наибольшей устойчивостью к атмосферному загрязнению обладает тополь бальзамический, у которого не выявлены повреждения, минимальной — тополь канадский.

3. Устойчивость к засухе среди видов тополей оценена в 3–4 балла. Тополь белый и канадский показали наименьшую устойчивость к засухе, тогда как тополь канадский — максимальную.

4. Многолетние обследования зеленых насаждений показали, что тополя оказались устойчивыми к болезням и вредителям, показав средние оценочные баллы 4–5. Самым устойчивым к возбудителям заболеваний и насекомым-вредителям оказался тополь бальзамический, минимальные показатели были определены у тополя черного.

5. По итогам многолетних визуальных наблюдений и оценке физиологических показателей можно отметить, что все тополя требуют обязательного орошения в вегетационный период. Тополь бальзамический и тополь черный можно рекомендовать для создания газозащитных полос вдоль промышленных предприятий, а также активно внедрять в озеленение улиц и проспектов. Тополь канадский и тополь белый можно рекомендовать для насаждений в парковых зонах, формирования посадок за пределами города.

Список литературы

- 1 Сергейчук С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды / С.А. Сергейчук. — Минск: Наука и техника, 1994. — 279 с.
- 2 Климчук А.Т. Влияние атмосферного воздействия и техногенного загрязнения на декоративность хвойных растений Центрального Казахстана / А.Т. Климчук // Актуальные проблемы экологии и природопользования в Казахстане и сопредельных территориях: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. — Павлодар, 2007. — Т. 1. — С. 208–210.
- 3 Урумов Т.М. Краткая географическая и климатологическая характеристика Жезказганского промышленного района / Т.М. Урумов // Большой Жезказган. — Алматы: Полиграфкомбинат, 1994. — С. 14–16.
- 4 МаксUTOва П.А. Физическая география Карагандинской области / П.А. МаксUTOва, Ш.Е. Дюсекеева, А.О. Кулмаганбетова. — Караганда, 2005. — 59 с.
- 5 Конкабаева А.Е. Оценка накопления тяжелых металлов в почве, воде и растениях промышленных регионов Карагандинской области: моногр. / А.Е. Конкабаева, М.Ю. Ишмуратова. — Караганда: Изд-во ТОО «Полиграфист», 2016. — 112 с.
- 6 Селиванова К.М. Анализ фактического использования древесных растений в озеленении населенных пунктов в зонах северных пустынь, опустыненных степей и сухих степей Центрального Казахстана / К.М. Селиванова, С.В. Чекалин, Г.К. Бижанова // Растительный мир и его охрана: тр. Междунар. конф., посвящ. 75-летию Ин-та ботаники и фитоинтродукции. — Алматы, 2007. — С. 259–262.
- 7 Бухарина И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина, К.Е. Ведерников. — Ижевск: Ижевская ГСХА, 2007. — 216 с.
- 8 Латыпова А.А. Методические особенности исследования биологии и экологии тополя белого / А.А. Латыпова, И.Р. Кагарманов // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. биол. — 2012. — Вып. 4. — С. 34–40.
- 9 Байтулин И.О. Интродукция деревьев и кустарников в Казахстане / И.О. Байтулин, И.Г. Рубаник. — Алма-Ата: Наука, 1985. — 160 с.
- 10 Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. — Орел: Изд-во ВНИИ селекции плодовых культур, 1999. — 608 с.
- 11 Кузнецов В.В. Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. — М.: Высш. шк., 2006. — 742 с.
- 12 Экологическая обстановка в Карагандинской области. Данные Облстатуправления. — Караганда, 2010–2018. — 25 с.
- 13 Климчук А.Т. Газоустойчивость некоторых видов древесных растений вблизи промышленных предприятий Жезказганского региона в связи с их водным режимом и засухоустойчивостью / А.Т. Климчук // Проблемы современной науки и образования. — 2017. — № 12(94). — С. 22–24.
- 14 Ильницкий О.А. Оптимизация водного режима культурных растений и обеспечивающая ее система мониторинга: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.А. Ильницкий. — Киев, 1994. — 47 с.

Г.Т. Максутбекова

Жезказғанның аридтік жағдайында *Populus* тұқымдас өсімдіктердің физиологиялық көрсеткіштерін бағалау

Қазіргі заманғы жасыл кеңістікті құру тұрақты ассортиментті таңдауға негізделуі керек. Тұрақтылық бірқатар физиологиялық көрсеткіштер негізінде бағаланады. Ерекше құндылық алдын-ала сынақтар күрделі климаттық жағдайлары бар өнеркәсіптік аймақтар үшін қажет. Осы зерттеудің мақсаты — теректердің 4 түрінің құрғақшылыққа, қысқы жағдайларға, аурулар мен зиянкестердің әсеріне, атмосфералық ластануға төзімділігін зерттеу. Тұрақтылықты бағалау 2015 жылдан 2019 жылға дейінгі кезеңді қамтитын *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus canadensis*, *Populus nigra* түрлеріне жүргізілді. Визуалды бақылаудың нәтижесі көрсеткендей, теректердің жоғары қысқатөзімділігі — 4–5 балды құрайды. Қыстың максималды қаттылығы ақ теректерге, ең азы канадалық теректерге арналған. Теректердің газтөзімділігі 3–5 балмен бағаланды. Ең жоғары тұрақтылық бальзам теректерінде, ең азы канадалық теректерде байқалды. Терек түрлерінің арасындағы құрғақшылыққа төзімділігі 3–4 %-ға бағаланды. Ақ терек пен канадалық терек құрғақшылыққа ең аз, ал канадалық терек максималды төзімділікті көрсетті. Аурулар мен зиянкестерге қарсы тұрудың болжамды балы 4–5 балды құрады, ең жоғары көрсеткіш бальзам терегіне, ең төменгісі қара терекке белгіленді. Анықталған көрсеткіштер негізінде теректерді жасыл құрылыста пайдалану бағыттары ұсынылған.

Кілт сөздер: *Populus alba*, *populus balsamifera*, *Populus canadensis*, *Populus nigra*, физиологиялық көрсеткіштер, тұрақтылық, құрғақ жағдайлар, Жезказған.

G.T. Maxutbekova

Evaluation of physiological indicators of plants of the genus *Populus* in arid conditions of Zhezkazgan

The creation of modern green spaces should be based on the selection of a sustainable assortment. Resistance is evaluated on the basis of a number of physiological indicators. Preliminary testing is of particular value for industrial regions with difficult climatic conditions. The purpose of this study was to study the resistance of 4 species of poplars to drought, winter conditions, the effects of diseases and pests, and atmospheric pollution. Resistance assessment was carried out for the species *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus canadensis*, *Populus nigra*, covering the period from 2015 to 2019. The results of visual observations showed that all species of poplars have high winter resistance — 4–5 points. Maximum winter resistance is noted for white poplar, minimum — for canadian poplar. The gas stability of poplars is estimated at 3–5 points. The greatest stability is noted in balsamic poplar, the minimum — in canadian poplar. Drought resistance among poplar species is estimated at 3–4 points. White and canadian poplar showed the least resistance to drought, while canadian poplar showed the maximum. Estimated scores of resistance to diseases and pests were 4–5 points, the highest indicators were noted for balsamic poplar, the minimum — for black poplar. On the basis of the identified indicators, the directions of poplar use in green construction are proposed.

Keywords: *Populus alba*, *Populus balsamifera*, *Populus canadensis*, *Populus nigra*, physiological parameters, resistant, arid conditions, Zhezkazgan.

References

- 1 Sergeichik, S.A. (1994). *Drevesnye rasteniia i optimizatsiia promyshlennoi sredy [Woody plants and optimization of environment]*. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].
- 2 Klimchuk, A.T. (2007). Vliianie atmosfernoego vozdeistviia i tekhnogennoho zahriazneniia na dekorativnost khvoinykh rastenii Tsentralnogo Kazakhstana [Influence of atmospheric impact and anthropogenic contamination on decoration of coniferous plants of the Central Kazakhstan]. Proceedings from Actual problems of ecology and environmental management in Kazakhstan and adjacent territories: *II Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — II International scientific-practical conference*. (Vol. 1, p. 208–210). Pavlodar [in Russian].
- 3 Urumov, T.M. (1994). Kratkaia heohraficheskaia i klimatolohicheskaia kharakteristika Zhezkazhanskogo promyshlennogo raiona [Brief geographical and climatological characteristics of the Zhezkazgan industrial region]. *Bolshoi Zhezkazhan — Big Zhezkazgan*. Almaty: Polihrafkombinat [in Russian].
- 4 Maksutova, P.A., Dyusekeeva, S.E., & Kulmaganbetova, A.O. (2005). *Fizicheskaiia heohrafiia Karahandinskoi oblasti [Physical geography of Karaganda region]*. Karaganda [in Russian].
- 5 Konkabayeva, A.E., & Ishmuratova, M.Yu. (2016). *Otsenka nakopleniia tiazhelykh metallov v pochve, vode i rasteniakh promyshlennykh rehiionov Karahandinskoi oblasti [Assessment of heavy metals accumulation in soil, water and plants of industrial regions of Karaganda region]*. Karaganda: Polihrafist [in Russian].
- 6 Selivanova, K.M., Chekalin, S.V. & Bizhanova, G.K. (2007). Analiz fakticheskogo ispolzovaniia drevesnykh rastenii v ozelenenii naselennykh punktov v zonakh severnykh pustyn, opustynennykh stepei i sukhikh stepei Tsentralnogo Kazakhstana [Analysis of actual use of woody plants in landscaping of settlements in zones of northern deserts, deserted steppes and dry steppes of the Central Kazakhstan]. Proceedings from Plant World and its Protection: *Mezhdunarodnaia konferentsiia, posviashchennaia 75-letiiu Instituta botaniki i fitointroduktsii — International Conference Dedicated to the 75th Anniversary of the Institute of Botany and Phytointroduction*. (p. 259–262). Almaty [in Russian].
- 7 Bukharina, I.L., Povarnitsina, T.M. & Vedernikov, K.E. (2007). *Ekoloho-biolohicheskie osobennosti drevesnykh rastenii v urbanizirovannoi srede [Ecological-biological features of woody plants in urbanized environment]*. Izhevsk: Izhevskaiia GSHA [in Russian].
- 8 Latypova, A.A., & Kagarmanov, I.R. (2012). Metodicheskie osobennosti issledovaniia biolohii i ekolohii topolia beloho [Methodological features of the study of biology and ecology of white poplar]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serii Biolohiia — Bulletin of Udmurt University. Series Biology*, 4, 34–40 [in Russian].
- 9 Bajtulin, I.O., & Rubanik, I.G. *Introduktsiia derezev i kustarnikov v Kazakhstane [Introduction of trees and shrubs in Kazakhstan]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 10 *Prohramma i metodika sortoizucheniia plodovykh, yahodnykh i orekhoplodnykh kultur [Program and Method of Fruit, Berry and Walnut Crops]*. (1999). Orel: Publ. ARRI of selection of fruit culture [in Russian].
- 11 Kuznetsov, V.V., & Dmitrieva, G.A. (2006). *Fiziolohiia rastenii [Plant physiology]*. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 12 (2010–2018). *Ekolohicheskaia obstanovka v Karahandinskoi oblasti. Dannye Oblastnogo statupravleniia [Environmental situation in Karaganda region. Regional State Administration Data]*. Karaganda [in Russian].
- 13 Klimchuk, A.T. (2017). Hazoustoichivost nekotorykh vidov drevesnykh rastenii vblizi promyshlennykh predpriatii Zhezkazhanskogo rehiiona v sviazi s ikh vodnym rezhimom i zasukhoustoichivostiu [Gas resistance of some species of woody plants near industrial enterprises of the Zhezkazgan region due to their water regime and drought resistance]. *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniia — Problems of science and education*, 12(94), 22–24 [in Russian].
- 14 Initskii, O.A. (1994). Optimizatsiia vodnoho rezhima kulturnykh rastenii i obespechivaiushchaia ee sistema monitorinha [Optimization of the aquatic regime of cultivated plants and its monitoring system]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kiev [in Russian].