



Обоснование адаптивности сортов *Zizyphus jujuba* к климатическим условиям Волгоградской области

Виктория Алексеевна Семенютина

Кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
VSem89@mail.ru
 0000-0002-7345-2740


Игорь Петрович Свинцов

Доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник-консультант
лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
igorsvintsov@yandex.ru
 0000-0003-2138-7390

Поступила в редакцию 04.04.2021

Принята 05.08.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/u7564-3716-7797-r

Аннотация

Актуальность обусловлена интродукцией субтропической плодовой культуры *Zizyphus jujuba* (унаби) в Волгоградскую область. Впервые в условиях Волгоградской области проанализирован и обобщен материал по биохимическим свойствам различных сортов плодов унаби. Цель исследований – изучение адаптивных реакций субтропических растений *Zizyphus jujuba* в северных точках возделывания на основе их биохимических и физиологических параметров. Объекты - растительные генотипы *Z. jujuba*: крупноплодные, среднеплодные и мелкоплодные. Опытные посадки с их участием возделываются на коллекционном участке ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Россия). Исследование адаптивных реакций на изменение условий среды базируется на фиксации экологических факторов и биоэкологии растительных особей на основе их физиологических и биохимических параметров в полевых и лабораторных условиях. В задачи исследований входило: выявление лимитирующих факторов, ограничивающих развитие; анализ критических периодов развития растений по изменению водного обмена и температурного режима; сравнительная оценка биохимических характеристик плодов в северной точке ареала культивирования с учетом адаптации к стресс-факторам (генотип-среда). Выявлено, что недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса. Установлена вариабельность содержания аскорбиновой кислоты по годам: у крупноплодных и среднеплодных растений от 31,9 до 66,5 мг %. У мелкоплодных растений в условиях культивирования вариабельность по годам менее выражена. В засушливый период (общий запас влаги в почве до двух метров 130-141 мм) содержание аскорбиновой кислоты снижается. Мелкоплодные растения, проявляющие высокую степень адаптации, имеют большие показатели содержания аскорбиновой кислоты (до 740,3 мг %). Ограничивающими факторами являются повышения температур и снижение влажности воздуха в летний период при малом количестве осадков и запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Продуктивность растений при стрессе сильно зависит от поддержания водного статуса растений. Любая оценка водного статуса должна учитывать реакцию растений на условия окружающей среды и характеристику этих условий

Ключевые слова

Адаптация, *Zizyphus jujuba*, засухоустойчивость, водный режим листьев, аскорбиновая кислота, биофлаваноиды, сахар, витамин Р

Введение

Унаби (*Zizyphus jujuba* Mill.) обладает хорошими садовыми качествами, включая адаптацию, устойчивость к засушливым условиям, биотическим и абиотическим стрессам, а также оказывает положительное влияние на здоровье человека. Унаби является ценным и экономически важным фруктовым деревом, произрастающим в Китае. По оценкам, его введение в культуру началось 7000 лет назад и существующие генотипы были сформированы гибридизацией с дикими сородичами (Almansa, 2016; Stănică, 2009). Ценные хозяйственные свойства способствовали расширению ареала распространения в более 50 стран по всему миру. Впервые он распространился в соседние страны Китая, затем завезен в Европу по Шелковому пути (Semenyutina, 2016; Semenyutina 2014). Непрерывный естественный и искусственный отбор способствовал увеличению генетического разнообразия. В настоящее время насчитывается около 1000 разновидностей *Zizyphus jujuba* (Ji X, 2017; Liu M, 2016).

В последние годы передовые биотехнологические инструменты внесли большой вклад в понимание состава и экспрессии генов, влияющих на свойства унаби (Bai L, 2016; Chen J, 2017). Анализ генома старейшего сорта «Dongzao» представил новые идеи для прогнозирования характеристик плодов *Zizyphus jujuba*, включая высокое содержание витамина С, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам (Xu C, 2016).

Исследование адаптивных реакций на изменение условий среды базируется на фиксации экологических факторов и биоэкологии растительных особей на основе их физиологических и биохимических параметров в полевых и лабораторных условиях.

В задачи исследований входило: выявление лимитирующих факторов, ограничивающих развитие; анализ критических периодов развития растений по изменению водного обмена и температурного режима; сравнительная оценка биохимических характеристик плодов в северной точке ареала культивирования с учетом адаптации к стресс-факторам (генотип-среда).

Материалы и методы исследования

Объектами исследований были растительные генотипы кустарника *Zizyphus*. Опытные посадки с их участием возделываются на коллекционном участке ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Россия) (рисунок 1).



Рисунок 1. Общий вид коллекции

Проводились уточнения сортовой принадлежности. Для оценки адаптационных возможностей определялись показатели отношения к лимитирующим факторам среды.

Выход электролитов определялся по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы прибором Mettler Toledo.

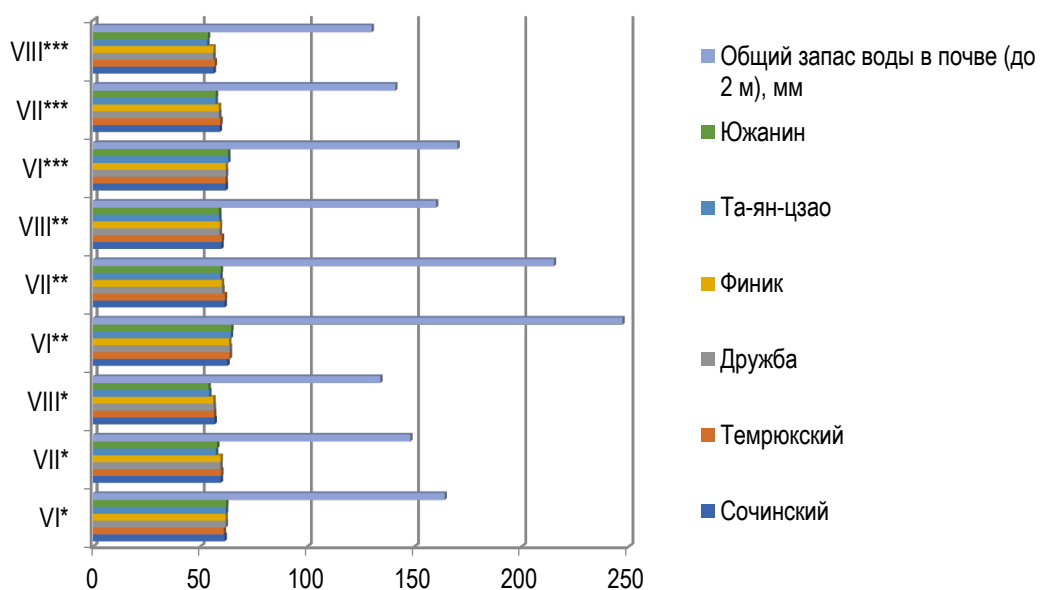
Содержание воды в листьях фиксировалось весовым методом (лабораторные весы Mercury 122ACF). Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния.

Результаты и обсуждение

По данным оценки растительных организмов и абиотических факторов среды выявлено, что развитие и биохимические характеристики плодоношения растительных организмов в районах с засушливым климатом зависят от влагообеспеченности и температурного режима.

Измерения влагосодержания почвы не могут предоставлять адекватную информацию для оценки воздействия водоснабжения на процессы растений и их урожайность. Содержание воды в растениях обуславливается лимитирующими абиотическими факторами среды (воздух, почва, вода и др.). Для определения дефицита воды в растении необходим мониторинг и анализ содержания воды в листьях.

Установлено, что содержание воды в листьях в период вегетации колеблется в пределах 53,3-64,5 % (Рисунок 2).



Примечание * - год с засушливыми условиями, ** - благоприятный в гидрологическом отношении (влажный), *** - менее благоприятный в гидрологическом отношении.

Рисунок 2. Содержание общей воды в листьях (в % от сырого веса)

Поток воды в растении осуществляется благодаря градиенту потенциала между почвой и растением, что приводит к испарению воды через устьица в атмосферу. Скорость транспирации контролируется градиентом водного потенциала (Рисунок 3).



Рисунок 3. Тургоресцентность листьев мелкоплодных сортов в условиях недостатка влаги

Продуктивность растений при стрессе сильно зависит от поддержания водного статуса растений. Любая оценка водного статуса должна учитывать реакцию растений на условия окружающей среды и характеристику этих условий (Рисунок 4).



Рисунок 4. Состояние различных органов в засушливые периоды

Дефицит воды в листьях варьирует в зависимости от повышения температурного режима и снижения влажности почвы (Рисунок 5).

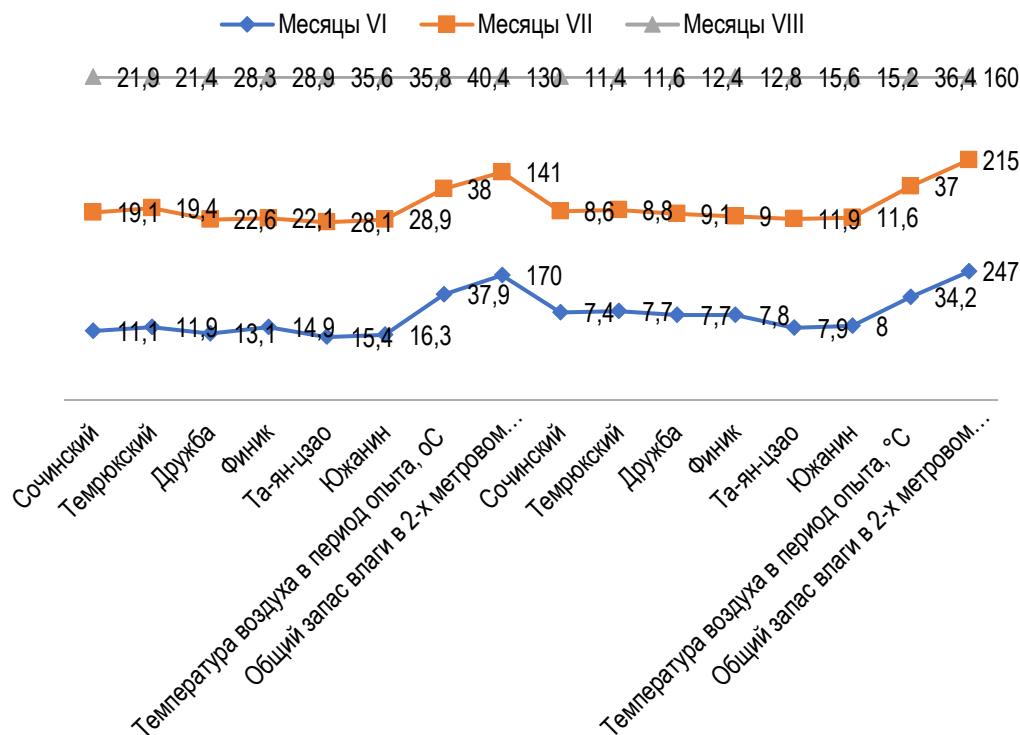
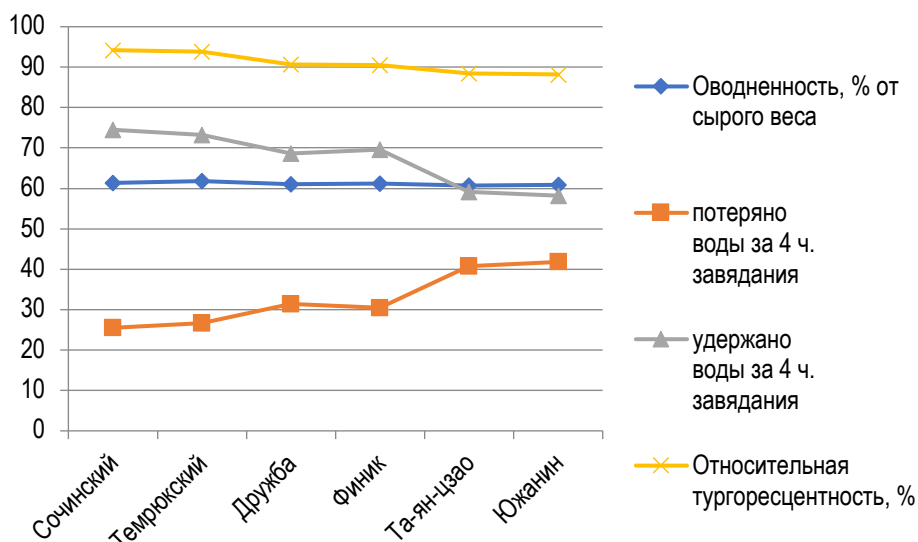


Рисунок 5. Зависимость сезонных изменений дефицита воды в листьях от общего запаса влаги в 2-х метровом слое почвы в течение вегетационного периода

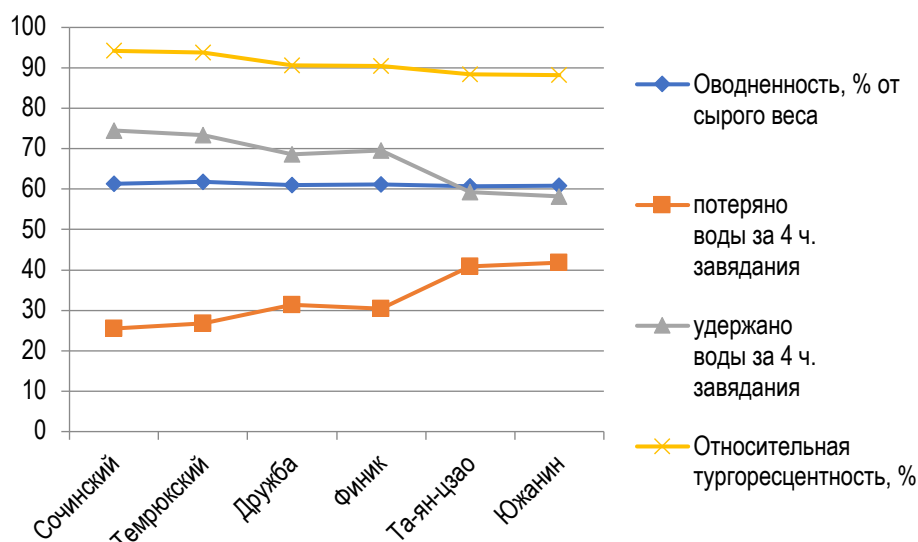
Недостаток влаги в листьях с июня по август не превышал 15,6%. У крупноплодных растительных организмов он был выше, чем у мелкоплодных. В мае-июне при высоком общем запасе влаги водный дефицит у всех сортов находился на уровне 7,4-8,0%.

В засушливый период при снижении запаса воды в почве до 141-130 мм и относительной влажности воздуха (до 10% в полуденные часы) при температуре 40,4 °С показатели дефицита воды в листьях всех сортов были выше в 2-2,5 раза.

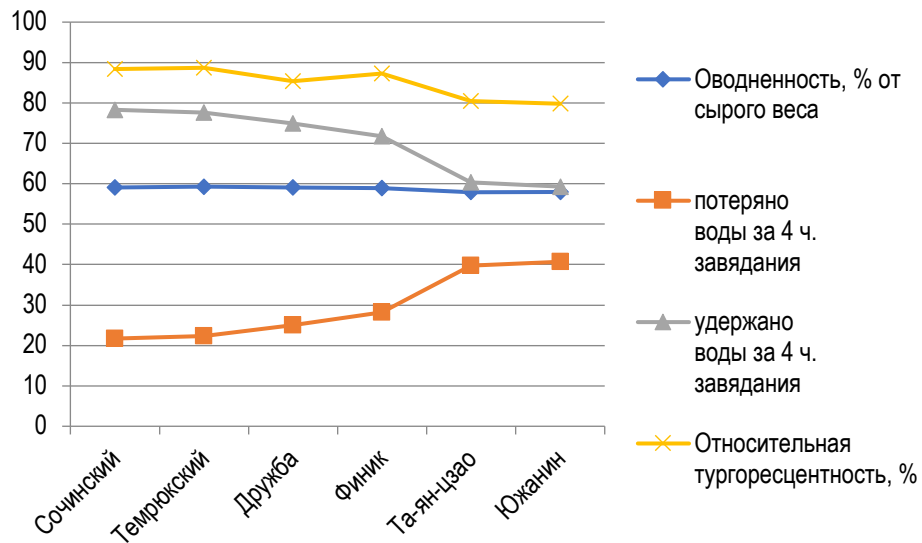
Сводные материалы по водному режиму растительных организмов в зависимости от общего запаса влаги за июль месяц представлены на рисунке 6.



А - общий запас влаги в 2 м слое почвы 150 мм



В - общий запас влаги в 2 м слое почвы 218 мм



С - общий запас влаги в 2 м слое почвы 143 мм

Рисунок 6. Водный режим листьев *Z. jujuba*

Недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса. В условиях Волгоградской области сорта *Zizyphus jujuba* ежегодно цветут и плодоносят (Рисунок 7)



A



Б



В

Рисунок 7. Цветущие побеги унаби (А, Б - Волгоград, июль 2020 г.; В – г. Камышин).

Факторы, контролирующие стрессовые условия, изменяют нормальное равновесие и приводят к ряду морфологических, физиологических, биохимических изменений в организмах, которые отрицательно влияют на рост и продуктивность. Урожайность растений может снижаться в результате нехватки воды до 50 процентов. Растения способны адаптироваться к стрессовым условиям посредством множества биохимических и физиологических изменений, которые включают функции связанных со стрессом генов. С другой стороны, продуктивное и устойчивое сельское хозяйство требует выращивания растений в засушливых и полузасушливых регионах с меньшими затратами ценных ресурсов, например пресной воды. (Huang J, 2016; Wang, 2016; Xie, 2017) (Рисунок 8).





A





Б





В

Рисунок 8 – Растения *Zizyphus jujuba* с крупными (А), средними (Б) и мелкими (В) плодами в условиях Волгограда

Отмечены большой диапазон в содержании аскорбиновой кислоты в различных частях плодов и ее активное участие в окислительно-восстановительных реакциях. Количественное определение витамина Р основывалось на применении индигокармина (индикатор). Самое высокое содержание витамина Р (около 72 мг%) в плодах сортов Сочинский и Та-ян-цзао. Наименьшее его содержание в плодах сортов Южанин и Темрюкский (70,4 и 70,8 мг%). Средним содержанием витамина Р из изученных сортов характеризуются Дружба и Финик (68,6 и 69,4 мг%)

Более высокая температура в период созревания плодов способствует накоплению биофлавоноидов (Рисунок 9).

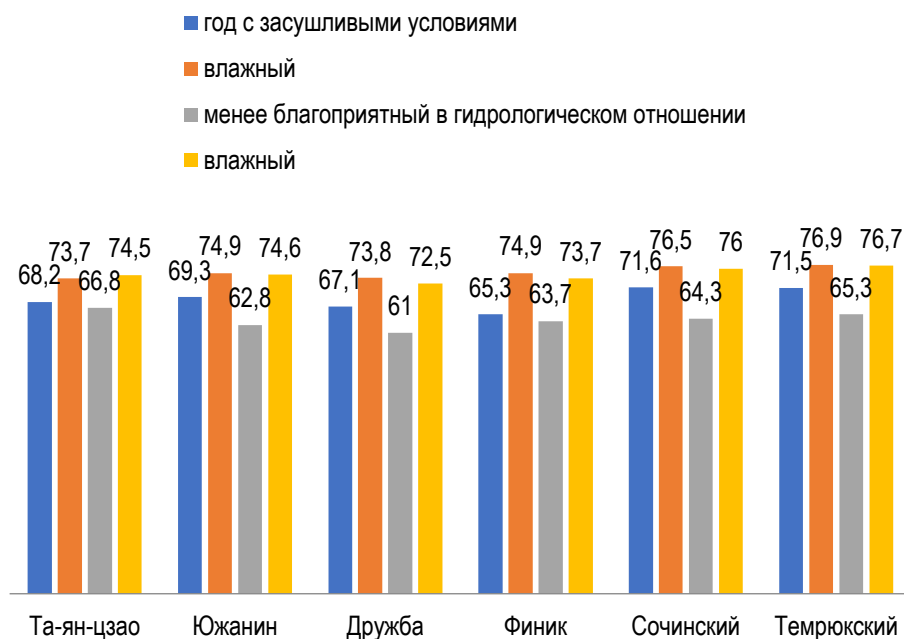


Рисунок 9. Содержание витамина Р (мг %) в годы исследований

Углеводы в плодах представлены в основном фруктозой, глюкозой, сахарозой. Установлено, что в зрелых плодах (Сочинский, Темрюкский) меньшее содержание сахаров. Сравнительные биохимические характеристики плодов в районах с засушливым климатом (Волгоградская область) представлены на рисунке 10.

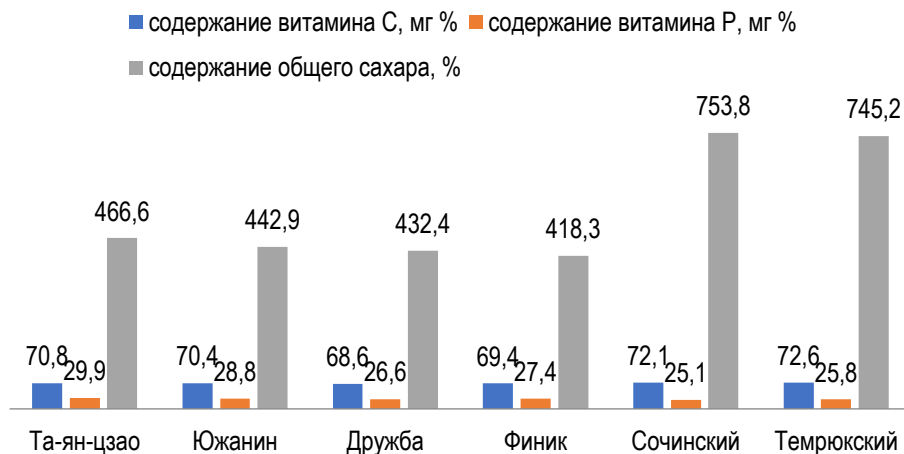


Рисунок 10. Характеристика плодоношения по биохимическим показателям (среднее за 4 года)

Заключение

Развитие растительных организмов *Zizyphus jujuba* и биохимические характеристики плодоношения в районах с засушливым климатом (Волгоградская область) зависят от влагообеспеченности и температурного режима.

Содержание общей воды в листьях в течение сезона (в благоприятный в гидрологическом отношении год) изменялось на 5,4-5,8 %, а в засушливый год на 7,8-9,8%.

Недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса.

Установлена вариабельность по годам содержания аскорбиновой кислоты: у крупноплодных и среднеплодных растений от 31,9 до 66,5 мг %. У мелкоплодных растений в условиях культивирования

вариабельность по годам менее выражена. В засушливый период содержание аскорбиновой кислоты снижается. Мелкоплодные растения, проявляющие высокую степень адаптации, имеют большие показатели содержания аскорбиновой кислоты (до 740,3 мг %).

Ограничивающими факторами являются повышения температур и снижение влажности воздуха в летний период при малом количестве осадков и запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Список литературы

1. Almansa, S.; Hernández, F.; Legua, P.; Nicolás-Almansa, M.; Amorós, A. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and on-tree ripening of two Spanish jujube cultivars (*Ziziphus jujuba* Mill.). *J. Sci. Food Agri.* 2016, 96, 4098–4105.
2. Bai L, Zhang H, Liu Q, Zhao Y, Cui X, Guo S, et al. Chemical characterization of the main bioactive constituents from fruits of *Ziziphus jujuba*. *Food Funct.* 2016;7(6):2870-7. <https://doi.org/10.1039/c6fo00613b>
3. Chen J, Liu X, Li Z, Qi A, Yao P, Zhou Z, et al. A review of dietary *Ziziphus jujuba* fruit (jujube): Developing health food supplements for brain protection. *Evid-Based Compl Alt.* 2017;2017:3019568. <https://doi.org/10.1155/2017/3019568>
4. Huang J, Zhang C, Zhao X, Fei Z, Wan K, Zhang Z, et al. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees. *PLoS Genet.* 2016;12(12):e1006433. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006433>
5. Ji X, Peng Q, Yuan Y, Shen J, Xie X, Wang M. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. *Food Chem.* 2017;227:349-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.074>
6. Liu M, Zhao Z. Origin, distribution, germplasm, and growing of Chinese dates. In: Liu D, Ye X, Jiang Y, editors. *Chinese date: A traditional functional food.* Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2016. pp. 23-31. <https://doi.org/10.1201/b20025>
7. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening (2016) *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110 (2), pp. 361-368. doi: 10.12732/ijpam.v110i2.10
8. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 2014, 11(12S), стр. 699–702
9. Stănică, F Characterization of two Romanian local biotypes of *Zizyphus jujube*. / F. Stănică // *Acta Hortic.* 840, 259-262 DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.840.34 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.840.34>
10. Wang, B.; Huang, Q.; Venkitasamy, C.; Chai, H.; Gao, H.; Cheng, N.; Cao, W.; Lv, X.; Pan, Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT* 2016, 66, 56–62.
11. Xie, P.P.; You, F.; Huang, L.; Zhang, C. Comprehensive assessment of phenolic compounds and antioxidant performance in the developmental process of jujube (*Ziziphus jujube* Mill.). *J. Funct. Foods* 2017, 36, 233–242.
12. Xu C, Gao J, Du Z, Li D, Wang Z, Li Y, Pang X. Identifying the genetic diversity, genetic structure and a core collection of *Ziziphus jujuba* Mill. var. *jujuba* accessions using microsatellite markers. *Sci Rep-UK.* 2016;6:Article no. 31503.

Substantiation of the adaptability of *Zizyphus jujuba* varieties to the climatic conditions of the Volgograd region


Victoria A. Semenyutina

Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

VSem89@mail.ru

 0000-0002-7345-2740


Igor P. Svintsov

Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher-Consultant of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia


igorsvintsov@yandex.ru

 0000-0003-2138-7390

Received 04.04.2021

Accepted 05.08.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/u7564-3716-7797-r

Abstract

The relevance is due to the introduction of the subtropical fruit culture *Zizyphus jujuba* (unabi) to the Volgograd region. For the first time in the conditions of the Volgograd region, the material on the biochemical properties of various varieties of una-bi fruits was analyzed and generalized. The aim of the research is to study the adaptive reactions of subtropical plants of *Zizyphus jujuba* in the northern points of cultivation based on their biochemical and physiological parameters. The objects are plant genotypes of *Z. jujuba*: large-fruited, medium-fruited and small-fruited. Experimental plantings with their participation are cultivated at the collection site of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Russia). The study of adaptive reactions to changing environmental conditions is based on the fixation of environmental factors and bioecology of growing individuals based on their physiological and biochemical parameters in the field and laboratory conditions. The research objectives included: identification of limiting factors limiting development; analysis of critical periods of plant development by changes in water metabolism and temperature regime; comparative assessment of the biochemical characteristics of fruits in the northern point of the cultivation area, taking into account adaptation to stress factors (genotype-environment). It was revealed that the lack of water leads to an increase in the concentration of soluble substances. Dehydration leads to a violation of the integrity of the membranes and affects the composition of the pigment complex. The variability of ascorbic acid content by years was established: in large-fruited and medium-fruited plants from 31.9 to 66.5 mg %. In small-fruited plants under cultivation, the variability over the years is less pronounced. During the dry period (the total moisture reserve in the soil is up to two meters 130-141 mm), the content of ascorbic acid decreases. Small-fruited plants showing a high degree of adaptation have high rates of ascorbic acid content (up to 740.3 mg%). Limiting factors are temperature increases and a decrease in air humidity in summer with low rainfall and moisture reserves in the root layer of the soil. The productivity of plants under stress strongly depends on the maintenance of the water status of plants. Any assessment of the water status

should take into account the reaction of plants to environmental conditions and the characteristics of these conditions

Keywords

Adaptation, *Zizyphus jujuba*, drought resistance, water regime of leaves, ascorbic acid, bioflavonoids, sugar, vitamin P

References

1. Almansa, S.; Hernández, F.; Legua, P.; Nicolás-Almansa, M.; Amorós, A. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and on-tree ripening of two Spanish jujube cultivars (*Zizyphus jujuba* Mill.). *J. Sci. Food Agri.* 2016, 96, 4098–4105.
2. Bai L, Zhang H, Liu Q, Zhao Y, Cui X, Guo S, et al. Chemical characterization of the main bioactive constituents from fruits of *Zizyphus jujuba*. *Food Funct.* 2016;7(6):2870-7. <https://doi.org/10.1039/c6fo00613b>
3. Chen J, Liu X, Li Z, Qi A, Yao P, Zhou Z, et al. A review of dietary *Zizyphus jujuba* fruit (jujube): Developing health food supplements for brain protection. *Evid-Based Compl Alt.* 2017;2017:3019568. <https://doi.org/10.1155/2017/3019568>
4. Huang J, Zhang C, Zhao X, Fei Z, Wan K, Zhang Z, et al. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees. *PLoS Genet.* 2016;12(12):e1006433. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006433>
5. Ji X, Peng Q, Yuan Y, Shen J, Xie X, Wang M. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Zizyphus jujuba* Mill.): A review. *Food Chem.* 2017;227:349-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.074>
6. Liu M, Zhao Z. Origin, distribution, germplasm, and growing of Chinese dates. In: Liu D, Ye X, Jiang Y, editors. *Chinese date: A traditional functional food*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2016. pp. 23-31. <https://doi.org/10.1201/b20025>
7. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening (2016) *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110 (2), pp. 361-368. doi: 10.12732/ijpam.v110i2.10
8. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 2014, 11(12S), стр. 699–702
9. Stănică, F Characterization of two Romanian local biotypes of *Zizyphus jujube*. / F. Stănică // *Acta Hort.* 840, 259-262 DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.840.34 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.840.34>
10. Wang, B.; Huang, Q.; Venkitasamy, C.; Chai, H.; Gao, H.; Cheng, N.; Cao, W.; Lv, X.; Pan, Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT* 2016, 66, 56–62.
11. Xie, P.P.; You, F.; Huang, L.; Zhang, C. Comprehensive assessment of phenolic compounds and antioxidant performance in the developmental process of jujube (*Zizyphus jujube* Mill.). *J. Funct. Foods* 2017, 36, 233–242.
12. Xu C, Gao J, Du Z, Li D, Wang Z, Li Y, Pang X. Identifying the genetic diversity, genetic structure and a core collection of *Zizyphus jujuba* Mill. var. *jujuba* accessions using microsatellite markers. *Sci Rep-UK.* 2016;6:Article no. 31503.