Модели защитных лесных насаждений с участием кустарников в условиях 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

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений

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

Волгоград, Россия

vnialmi@yandex.ru

0000-0003-3250-6877

Александр Иванович Беляев

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор

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

Волгоград, Россия

director@vfanc.ru

0000-0001-9721-8003

Поступила в редакцию 25.11.2020

Принята 9.02.2021

Опубликована 15.03.2021

10.25726/f3193-9353-5882-h

Аннотация

Дан научный анализ возможностей использования кустарников, как адаптивной жизненной формы для создания возобновляемой системы лесных насаждений, при ландшафтном обустройстве малолесной территории. Объекты исследований: таксоны геоксильного кустарника рода *Corylus* разных возрастных этапов, которые произрастают в Волгоградской области: в условиях южных черноземов (*C. avellana* L.), каштановых почв (*C. pontica* C. Koch. – формы 'Президент', 'Футкурами', 'Черкесский-2'; кад. № 34:34:000000:122). Использован биометрический метод в определении таксационных величин и установлении отклонений от оптимальных размеров. Цель исследований – разработать модели защитных лесных насаждений на основе изучения специфики роста таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв. Установлен пик интенсивности роста основных, крону образующих побегов *Corylus pontica* - 5-7 летний возраст. Развитие надземной части в последующие десять лет (этап кустовидного роста) описывается уравнениями регрессии. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик с возрастом. Приведены показатели освещенности (от 77,0 до 108,8 kLx) в период вегетации. Установлено интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов. С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых

систем построена графическая модель их возрастного состава и расположения. Критериями выделения возрастных этапов роста - равномерность размещения, возраст побегов, способность к возобновлению. Разработаны эскизные модели защитных лесных насаждений (многорядных, в том числе на склонах крутизной 4-7°) с участием *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* для повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах. Таксоны *Corylus* L. образуют лесную подстилку – один из факторов, влияющих на стокорегулирующие свойства насаждений. В условиях южных черноземов более чем за тридцатилетний период произрастания *Corylus* сформировало лесную подстилку до 2,0 см (масса 12,0 т/га). Установлены декоративные качества и экологические свойства кустарников *Corylus* для озеленительных насаждений.

Ключевые слова

Биоразнообразие, кустарник, *Corylus* L., специфика ростовых процессов, крона, модели, возрастные этапы, обогащение защитных лесных насаждений, каштановые почвы

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Защитные лесные насаждения относят к возобновляемым системам, которые выполняют средообразующие функции (стокорегулирующие, почвозащитные и др.) [6; 11]. На параметры системы (высота, ширина, плотность конструкции и др.) влияют почвенно-климатические условия местопроизрастания элементов (деревья, кустарники) [1; 2; 13]. В последнее время уделяется внимание расширению видового состава кустарников многоцелевого назначения [7; 5; 15]. Имеются научные разработки и рекомендации по адаптивному потенциалу и методологии подбора ценных растений [10].

В многочисленных исследованиях показаны разнообразные приспособления растительных организмов при ухудшении почвенно-климатических условий местопроизрастания. И.Г. Серебряков в своем монографическом труде указывает, на то, что сокращение роста главной оси, как один из путей приспособления к запасанию влаги, коррелятивно связано с более обильным ветвлением, в т.ч. подземной части (геоксильные кустарники). Практический и теоретический интерес в этом отношении представляют интродуценты - кустарники рода *Corylus* L. [4; 9; 8; 14].

Цель исследований – разработать модели защитных лесных насаждений на основе изучения специфики роста таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв.

В задачу исследований входило: а) определение биометрических характеристик роста и развития, б) установление декоративных качеств и экологических свойств в условиях интродукции, в) разработка моделей и схем размещения растений для повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах.

Материалы и методы исследования

Таксоны рода *Corylus* разных возрастных этапов, которые произрастают в Волгоградской области: в условиях южных черноземов (*C. avellana*), каштановых почв (формы *C. pontica* – ‘Президент’, ‘Футкурами’, ‘Черкесский-2’; кад. № 34:34:000000:122). Использован биометрический метод в определении таксационных величин, как критериев для установления продолжительности возрастных этапов и отклонений от оптимальных размеров, которые зависят от жизнеспособности организма. Фиксировали приросты побегов; количество стволиков, высоту.

Каштановые почвы Нижнего Поволжья составляют около 41%. К лимитирующим факторам роста и развития кустарников относятся высокие летние (+42°C), низкие зимние температуры (до –37°C), годовая амплитуда температур (80°C), малое количество осадков (от 318 до 402 мм) [12].

Точность полученных результатов заключалась в оптимальности методов, стабильности признаков, которые служили основой для оценки, а также степени взаимосвязи диагностического признака с общей жизнеспособностью и перспективностью.

Результаты и обсуждение

Биометрические характеристики растений имеют значение не только для оценки степени приспособления к почвенно-климатическим условиям региона интродукции [3], но и для прогноза мелиоративного влияния насаждений с их участием на прилегающую территорию.

В годы изучения специфики ростовых реакций интродуцентов зафиксированы острозасушливые (2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и благоприятные (2014, 2016, 2018) в гидрологическом отношении периоды.

Ростовые процессы определяются температурным режимом (рисунок 1).

Установлен пик интенсивности роста основных, крон образующих побегов *Corylus pontica* - 5-7 летний возраст. Развитие надземной части в последующие десять лет (этап кустовидного роста) описывается уравнениями регрессии. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик (высота – y ; диаметр кроны – y_d) с возрастом (x):

$$y(Ч-2) = 0,50 \ln(x) + 1,35, y_d(Ч-2) = 1,31 \ln(x) + 1,56, \quad (1)$$

при $R^2 = 0,95$ и $0,89$ соответственно,

$$y(П) = 0,32 \ln(x) + 1,67, y_d(П) = 2,10 \ln(x) + 1,24, R^2 = 0,90, 0,97, \quad (2)$$

$$y(Ф) = 0,56 \ln(x) + 1,27, y_d(Ф) = 1,21 \ln(x) + 1,59, 0,90, 0,87 \quad (3).$$

Хорошая освещенность (от 77,0 до 108,8 kLx) при дополнительном увлажнении влияют на интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов.

б

Рисунок 1. Специфика ростовых процессов (а – по срокам и их вариабельности наступления и окончания роста, б – продолжительности роста, показателям прироста)

С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых систем построена объемная модель их возрастного состава и расположения. Установлено, что в возрасте до 15-20 лет характерно равномерное размещение разновозрастных побегов в округлой форме, диаметр которой от 1,2 до 1,4 м (рисунок 2).

Рисунок 2. Плотность размещения побегов (возраст 20 лет)

Учитывая среднюю долговечность основных побегов ('Черкесский-2', 'Президент' – до 14-18 лет, 'Футкурами' – до 12-14 лет), можно прогнозировать наступления второго периода – с 32-35-летнего возраста (с размещением побегов на периферии, образованного кольца, диаметром от 1,6 м). Для этого возрастного периода для всех изученных форм порослеобразовательная способность снижается – оси высокого порядка имеют меньшие показатели по диаметру и высоте (рисунок 3).

В
Рисунок 3. Особенности возрастной структуры и плотности куста
(а – в возрасте 20 лет, б – до 30 лет, в – после 35 лет (прогноз))

В связи с чем, необходимы мероприятия для продления долговечности растений лещины. Омолаживающая обрезка может быть сплошной или частичной и во многом определяется целевым назначением насаждения.

Формы *Corylus pontica* имеют хорошие таксационные характеристики в условиях светло-каштановых почв, по высоте не уступая показателям в естественном ареале. Лучшие результаты (форме и плотности кроны, характеру облиствления) отмечены у формы 'Черкесский-2'. Таксоны *Corylus* образуют насаждения плотной конструкции (просветы до 10 % в период вегетации), ветер не проникает, а переваливает через них (рисунок 4).

а

б

Рисунок 4. Вид насаждений *Corylus* в облиственном (а) и безлиственном состоянии (б)

По мере удаления от насаждения скорость ветра быстро нарастает. Расчетная зона влияния с заветренной стороны уменьшается до 10-15Н (Н – высота), с наветренной стороны на расстоянии до 5Н скорость ветра снижается (<25%). *Corylus avellana* и 'Черкесский-2' рекомендованы для целей защитного лесоразведения Волгоградской области (овражно-балочные, водоохранные насаждения, на каштановых почвах) (рисунки 5, 6).

Рисунок 5. Разработанная модель приовражной лесополосы

Рисунок 6. Разработанная эскизная модель защитных лесных насаждений (многорядных) на склонах крутизной 4-7°

Кустарники рода *Corylus* L. способны образовывать лесную подстилку, которая работает как фактор стокорегулирующих свойств насаждений. В условиях южных черноземов Новоаннинского района Волгоградской области насаждение *Corylus avellana* более чем за тридцатилетний период сформировала лесную подстилку до 2,0 см (масса около 12,0 т/га).

Существуют кустовая и штамбовая системы формирования растений *Corylus*. На равнинных участках – штамбовая, а в условиях склоновой местности (крутизна > 3°) кустовая (для защитных насаждений). В зеленом строительстве рекомендуются модели групповых и солитерных посадок с участием *Corylus pontica* (таблица 1).

Таблица 1. Кустарники *Corylus* для озеленительных насаждений

Виды	Декоративные качества				Экологические свойства			Класс высоты	
	крона		окраска листьев		светолюбивость	требования к			дымо- и газоустойчивость
	форма	густота	летом	осенью		почве	влаге		
<i>avellana</i>	рск.	**	т. з.	ж.	*	средняя	средняя	малоустойчива	
<i>pontica</i>	я. или шар.	**	т. з	ж.	*	то же	высокая		

Класс высоты: I – более 3 м, густота кроны: ** – средней густоты, форма кроны : рск. – раскидистая, окраска листьев: т. з. – темно- зеленая, ж. – желтая, я. – яйцевидная, шар. – шаровидная; светолюбимость: * – теневыносливая

Заключение

Оценка биометрических показателей позволила установить продолжительность возрастных этапов; пик интенсивности роста основных, крон образующих побегов *Corylus pontica*. Получены уравнения регрессии развития надземной части в первые десять лет этапа кустовидного роста. Они показали взаимосвязь изменения таксационных характеристик с возрастом. Установлено интенсивное формирование побеговых систем, сокращение их длительности роста, ранний переход от моноподиального (этап древовидного роста) к симподиальному типу ветвления (этап кустовидного роста) побегов.

С учетом анализа структуры и морфогенеза побеговых систем построена объемная модель их возрастного состава и размещения. Критериями выделения возрастных этапов роста – равномерность размещения, возраст побегов, способность к возобновлению.

Разработаны эскизные модели защитных лесных насаждений (многорядных) с участием *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* для прогноза повышения устойчивости и обогащения защитных лесных насаждений на каштановых почвах. Таксоны *Corylus* L. образуют лесную подстилку – фактор стокорегулирующих свойств насаждений. В условиях южных черноземов более чем за тридцатилетний период насаждение *C. avellana* сформировало лесную подстилку до 2,0 см (масса более 12,0 т/га).

Выявлена перспективность таксонов *Corylus* L. в условиях каштановых почв, которая связана с показателями роста, побегообразовательной способностью и с соблюдением технологии создания и эксплуатации маточных насаждений. Пространственное влияние насаждений зависит от их назначения, размещения и почвенно-климатических условий. Установлены декоративные качества и экологические свойства кустарников *Corylus* для озеленительных насаждений.

Список литературы

1. Ивонин В.М., Шумакова Г.Е. Влияние техногенного загрязнения на состояние придорожных лесных полос. Известия высших учебных заведений // Лесной журнал. 1991. №6. С. 12-17.
2. Кругляк В.В., Семенютина А.В., Гурьева Е.И. Модели архитектуры рекреационных насаждений для адаптивных систем озеленения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. №3. С. 108-112
3. Bregaglio, S., Giustarini, L., Suarez, E., Mongiano, G., De Gregorio, T. (2020) Analysing the behaviour of a hazelnut simulation model across growing environments via sensitivity analysis and automatic calibration. Agricultural Systems, 181. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102794
4. Germain, E. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.). (1994). Acta Hortic, 351, 195-210. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.19

5. Kalmykova, A. L., Tereshkin, A. V., Zaigralova, G. N., Eskov, D. V., Kornienko, M. Yu. (2019). Analysis of the range of trees and shrubs used in the landscaping of Saratov. *Amazonia Investiga*, 8, 22, 510-521
6. Khuzhakhmetova, A. Sh., Semenyutina, A. V., Semenyutina, V. A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs (2020). *International journal of advanced trends in computer science and engineering*, 9, 4, 6742-6746 DOI: 10.30534/ijatcse/2020/371942020
7. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 115, 1, № 012009 DOI: 10.1051/cagri/2018011
8. Lombardoni, J. J., Honig, J. A., Vaiciunas, J., Kubik C., Capik J., Mehlenbacher S., Molnar T. J. Evaluation of European hazelnut (*Corylus avellana*) genetic diversity using a genotyping-by-sequencing approach. *Acta Horticulturae*, 1280, 11-16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.2
9. Molnar, T. J., Goffreda, J. C., Funk, C. R. (2005). Developing hazelnuts for the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 686, 609-618. DOI: 10/1766/ActaHortic.2005.686.81
10. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Khuzhakhmetova, A. Sh., Semenyutina, V. A., Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of wood plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110, 2, 361-368
11. Semenyutina, A. V., Podkovyrova, G. V., Khuzhakhmetova, A. Sh., Svintsov, I. P., Semenyutina, V. A., Podkovyrov, I. Yu. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International journal of mechanical engineering and technology*, 9, 10, 1415-1422
12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., Matvienko, E. Yu. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. *Kuwait journal of science*, 45, 4, 52-58
13. Tisserant, M., Janssen, P., Evette, A., González, E., Cavaillé, P., Poulin, M. (2020). Diversity and succession of riparian plant communities along riverbanks bioengineered for erosion control: a case study in the foothills of the Alps and the Jura Mountains. *Ecological Engineering*, 152, 1. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105880
14. Raparelli, E., Lolletti, D. (2020). Research, Innovation and Development on *Corylus avellana* through the Bibliometric Approach. *International Journal of Fruit Science*, 1-17. DOI: 10.1080/15538362.2020.1784076
15. Zhao, T., Ma, W., Ma, Q., Yang, Z., Liang, L., Wang, G., Wang, L. (2020). Genetic diversity and population structure of Chinese *Corylus heterophylla* and *Corylus kweichowensis* using simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145, 5, 289-298 DOI: 10.21273/JASHS04887-19

Models of protective forest stands with shrubs in conditions of chestnut soils

Aliya Sh. Khuzhakhmetova

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

aliyasham@mail.ru

0000-0001-5127-8844

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

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

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

0000-0003-3250-6877

Alexander I. Belyaev

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director

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

Volgograd, Russia

director@vfanc.ru

0000-0001-9721-8003

Received 25.11.2020

Accepted 9.02.2021

Published 15.03.2021

10.25726/f3193-9353-5882-h

Abstract

A scientific analysis of the possibilities of using shrubs as an adaptive life form for creating a renewable system of forest stands, in the landscape arrangement of a low-forest area, is given. Objects of research: taxa of the geoxyl shrub of the genus *Corylus* of different age stages, which grow in the Volgograd region: in the conditions of southern chernozems (*C. avellana* L.), chestnut soils (*C. pontica* C. Koch. - forms 'President', 'Futkurami', 'Circassian-2'; kad. № 34:34:000000:122). The biometric method is used in determining the taxational values and determining deviations from the optimal size. The aim of the research is to develop models of protective forest stands based on the study of the specific growth of *Corylus* L. taxa. in conditions of chestnut soils. The peak growth rate of the main, crown - forming shoots of *Corylus pontica* is 5-7 years old. The development of the aboveground part in the next ten years (the stage of bush-like growth) is described by regression equations. They showed the relationship of changes in taxation characteristics with age. The indicators of illumination (from 77.0 to 108.8 kLx) during the growing season are given. Intensive formation of shoot systems, reduction of their growth duration, early transition from monopodial (tree-like growth stage) to sympodial branching type (bush-like growth stage) of shoots were established. Taking into account the analysis of the structure and morphogenesis of shoot systems, a graphical model of their age composition and location is constructed. The criteria for identifying the age stages of growth are the uniformity of placement, the age of shoots, and the ability to resume. Sketch models of protective forest stands (multi-row, including on slopes with a steepness of 4-7°) with the participation of *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Quercus*, *Betula pendula* were developed to increase the stability and enrich the protective forest stands on chestnut soils. *Corylus* L. taxa form the forest floor-one of the factors influencing the flow-regulating properties of plantings. In the conditions of southern chernozems, *Corylus* has formed forest litter up to 2.0 cm (weight 12.0 t/ha) for more than thirty years of growth. The decorative qualities and ecological properties of *Corylus* shrubs for landscaping are established.

Keywords

Biodiversity, shrub, *Corylus* L., specificity of growth processes, crown, models, age stages, enrichment of protective forest plantations, chestnut soils

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200197-8), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Ivonin V.M., Shumakova G.E. Vliyanie tehnogennogo zagryazneniya na sostojanie pridorozhnyh lesnyh polos. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij // Lesnoj zhurnal. 1991. №6. S. 12-17.
2. Krugljak V.V., Semenjutina A.V., Gur'eva E.I. Modeli arhitektoniki rekreacionnyh nasazhdenij dlja adaptivnyh sistem ozelenenija // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geografija. Geojekologija. 2017. №3. S. 108-112
3. Bregaglio, S., Giustarini, L., Suarez, E., Mongiano, G., De Gregorio, T. (2020) Analysing the behaviour of a hazelnut simulation model across growing environments via sensitivity analysis and automatic calibration. *Agricultural Systems*, 181. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102794
4. Germain, E. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.). (1994). *Acta Horti*, 351, 195-210. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.351.19
5. Kalmykova, A. L., Tereshkin, A. V., Zaigralova, G. N., Eskov, D. V., Kornienko, M. Yu. (2019). Analysis of the range of trees and shrubs used in the landscaping of Saratov. *Amazonia Investiga*, 8, 22, 510-521
6. Khuzhakhmetova, A. Sh., Semenyutina, A. V., Semenyutina, V. A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs (2020). *International journal of advanced trends in computer science and engineering*, 9, 4, 6742-6746 DOI: 10.30534/ijatcse/2020/371942020
7. Larionov, M. V., Larionov, N. V., Siraeva, I. S., Ermolenko, A. S. (2018). The Composition and Characteristics of the Dendroflora in the Transformed Conditions of the Middle Reaches of the River Khoper). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 115, 1, № 012009 DOI: 10.1051/cagri/2018011
8. Lombardoni, J. J., Honig, J. A., Vaiciunas, J., Kubik C., Capik J., Mehlenbacher S., Molnar T. J. Evaluation of European hazelnut (*Corylus avellana*) genetic diversity using a genotyping-by-sequencing approach. *Acta Horticulturae*, 1280, 11-16. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.2
9. Molnar, T. J., Goffreda, J. C., Funk, C. R. (2005). Developing hazelnuts for the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 686, 609-618. DOI: 10/1766/ActaHortic.2005.686.81
10. Semenyutina, A. V., Podkovyrov, I. Y., Huzhahmetova, A. Sh., Semenyutina, V. A., Podkovyrova, G. V. (2016). Mathematical justification of the selection of wood plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110, 2, 361-368
11. Semenyutina, A. V., Podkovyrova, G. V., Khuzhahmetova, A. Sh., Svintsov, I. P., Semenyutina, V. A., Podkovyrov, I. Yu. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International journal of mechanical engineering and technology*, 9, 10, 1415-1422
12. Kruzhilin, S. N., Taran, S. S., Semenyutina, A. V., Matvienko, E. Yu. (2018). Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. formation in steppe region conditions. *Kuwait journal of science*, 45, 4, 52-58
13. Tisserant, M., Janssen, P., Evette, A., González, E., Cavaillé, P., Poulin, M. (2020). Diversity and succession of riparian plant communities along riverbanks bioengineered for erosion control: a case study in the foothills of the Alps and the Jura Mountains. *Ecological Engineering*, 152, 1. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105880
14. Raparelli, E., Lolletti, D. (2020). Research, Innovation and Development on *Corylus avellana* through the Bibliometric Approach. *International Journal of Fruit Science*, 1-17. DOI: 10.1080/15538362.2020.1784076
15. Zhao, T., Ma, W., Ma, Q., Yang, Z., Liang, L., Wang, G., Wang, L. (2020). Genetic diversity and population structure of Chinese *Corylus heterophylla* and *Corylus kweichowensis* using simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145, 5, 289-298 DOI: 10.21273/JASHS04887-19