

Научная статья

УДК 630*232.12+620.952

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-5-75-89

Биоэнергетические и репродукционные насаждения настоящих тополей в Центральном Черноземье России

*А.П. Царев*¹ ✉, *д-р с.-х. наук, проф.*; *ResearcherID: S-6639-2019*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8019-0016>

*Р.П. Царева*¹, *канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.*; *ResearcherID: AAK-2110-2021*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6949-4665>

В.А. Царев^{1,2}, *канд. с.-х. наук, доц.*; *ResearcherID: ABE-5600-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3921-9339>

*П.М. Евлаков*², *канд. биол. наук*; *ResearcherID: AAP-4811-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

¹Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул. Ломоносова, д. 105, г. Воронеж, Россия, 394087; antsa-55@yandex.ru ✉, tsarais42@mail.ru, vad.tsareff@yandex.ru

²Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия, 394087; vad.tsareff@yandex.ru, peter.evlakov@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.10.22 / Одобрена после рецензирования 12.01.23 / Принята к печати 14.01.23

Аннотация. Необходимость использования быстрорастущих древесных видов для получения биоэнергии отмечалась в международной и отечественной печати еще во 2-й половине XX в. В 1-е двадцатилетие текущего столетия эта проблема в ряде стран не только приобрела научно-исследовательский характер, но и нашла практическое решение. Рассмотрены результаты исследования настоящих тополей (черных, бальзамических и их гибридов) на вновь заложенных полевых экспериментах в Центрально-Черноземном регионе РФ. Цель исследования – изучение и отбор перспективных форм настоящих тополей. Были созданы экспериментальные участки 2 типов: сортоиспытательные участки и коллекционно-маточные плантации – для репродукции перспективных клонов и сортов. На сортоиспытательных участках наблюдали за укореняемостью, сохранностью и ростом в высоту, на репродукционных коллекционно-маточных плантациях определяли выход посадочного материала (стеблевых черенков). Лучшие результаты по росту отмечены на 2-летних сортоиспытательных объектах ООО «Объединенные питомники» и карбоновом полигоне Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова в Воронежской области. Здесь выделено несколько быстрорастущих в ювенильном возрасте клонов и сортов настоящих тополей. Среди них можно отметить тополь волосистоплодный-84, евро-американский культивар Сакрау-59, гибриды Э.с.-38 и Версия. Их средние высоты варьировали от 359±21,5 до 416±12,7 см, а максимальные – от 435 до 495 см. Наиболее хорошие результаты при выращивании репродукционного материала получены на коллекционно-маточной плантации Куликовского лесхоза Липецкого управления лесного хозяйства. Среди 1-летних растений лучшие результаты по росту оказались у тополей китайского (133 см), Мариландики (147 см), дельтовидного (149 см), Э.с.-38 (157 см) и волосистоплодного-84 (183 см). Среди 1-летних побегов, выросших на 3-летних корнях,

превосходили остальные по высоте Сакрау-59 (340 см), Э.с.-38 и дельтовидный (по 240 см), Мариляндика (230 см) и Версия (200 см). В целом выход стандартных стеблевых черенков из 1-летних растений на 1-летних корнях составлял около 16 000 шт./га, а из 1-летних растений на 3-летних корнях – 78 460 шт./га. Отмеченные выше клоны и сорта могут быть рекомендованы для создания биоэнергетических плантаций в Центрально-Черноземном регионе РФ. Полученные первые результаты данных исследований перспективны в плане рационального использования возобновляемых энергетических ресурсов в России.

Ключевые слова: тополь, тополь настоящий, сорта настоящих тополей, гибриды настоящих тополей, клоны настоящих тополей, сортоиспытательные полевые насаждения, коллекционно-маточные плантации, выход стеблевых черенков, биоэнергия, Центральное Черноземье

Благодарности: Авторы благодарят коллег из Всероссийского научно-исследовательского института лесной генетики, селекции и биотехнологии за помощь в создании опытных объектов. Особую благодарность авторы выражают работникам производственных предприятий Липецкой и Воронежской областей: Куликовского лесхоза (директор – А.А. Сергеев), ООО «Объединенные питомники» (генеральный директор – А.Н. Цепляев), а также филиала ООО «Соколиные Сады» (директор – К.П. Колесник). Эти и другие производственные предприятия оказывали содействие при выращивании гибридов, закладке сортоиспытательных и коллекционно-маточных плантаций тополей, уходе за ними и их охране.

Для цитирования: Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А., Евлаков П.М. Биоэнергетические и репродукционные насаждения настоящих тополей в Центральном Черноземье России // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 5. С. 75–89. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-5-75-89>

Original article

Bioenergetic and Reproductive Plantations of True Poplar Species in the Central Black Earth Region of Russia

Anatoly P. Tsarev^{1✉}, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [S-6639-2019](https://orcid.org/0000-0001-8019-0016),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8019-0016>

*Raisa P. Tsareva*¹, Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAK-2110-2021](https://orcid.org/0000-0002-6949-4665), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6949-4665>

Vadim A. Tsarev^{1,2}, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [ABE-5600-2020](https://orcid.org/0000-0002-3921-9339),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3921-9339>

*Petr M. Evlakov*², Candidate of Biology, ResearcherID: [AAP-4811-2020](https://orcid.org/0000-0003-0138-2410),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

¹Russian Research Institute of Forest Genetics, Selection and Biotechnology, ul. Lomonosova, 105, Voronezh, 394087, Russian Federation; antsa-55@yandex.ru[✉], tsarais42@mail.ru, vad.tsareff@yandex.ru

²Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, ul. Timiryaseva, 8, Voronezh, 394087, Russian Federation; vad.tsareff@yandex.ru, peter.evlakov@yandex.ru

Received on October 9, 2022 / Approved after reviewing on January 12, 2023 / Accepted on January 14, 2023

Abstract. The need to use fast-growing tree for bioenergy production was noted in the international and domestic press in the second half of the 20th century. In the first twenty years of the current century in a number of countries this problem has not only acquired research character, but also found a practical solution. The results of the research of true poplars (black, balsamic and their hybrids) on newly established field experiments in the Central Black Earth Region of the Russian Federation are considered. The aim of the research is to study and select promising forms of true poplars. Two types of experimental plots were established: variety testing plots and collection-stool bed plantations for reproduction of promising clones and varieties. The rooting ability, safety and growth in height were monitored on variety testing plots, and the yield of planting material (stem cuttings) was determined on reproductive collection-stool bed plantations. The best results on growth were noted on 2-year variety testing site facilities of LLC "United Nurseries" and carbon polygon of Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov in Voronezh region. Several fast-growing clones and varieties of true poplars at juvenile age were identified here. Among them we can mention *P. trichocarpa* No. 84, euramerican cultivar Sacrau-59, hybrids E.s.-38, and Version. Their average heights ranged from 359±21.5 to 416±12.7 cm, and maximum heights ranged from 435 to 495 cm. The best results in growing reproductive material were obtained at the collection-stool bed plantation of the Kulikovskiy Forestry of the Lipetsk Forestry Department. Among annual plants the best growth results were found in the poplars *trichocarpa* No. 84 (183 cm), *deltoides* (149 cm), Marylandica (147 cm), *simonii* (133 cm) and E.s.-38 (157 cm). Among the annual shoots grown on three-year-old roots, Sacrau-59 (340 cm), E.s.-38 and *deltoides* (240 cm each), Marylandica' (230 cm) and Version (200 cm) were superior to the others in height. In general, the yield of standard stem cuttings from annual plants on 1-year-old roots was about 16 thousand pieces/ha and from annual plants on 3-year-old roots – 78 460 pieces/ ha. The clones and varieties mentioned above can be recommended for creation of bioenergy plantations in the Central Black Earth region of the Russian Federation. The first obtained results of these studies are promising in terms of rational use of renewable energy resources in Russia.

Keywords: poplar, true poplar, true poplar varieties, true poplar hybrids, true poplar clones, variety testing sites, collection-stool bed plantations, stem cuttings yield, bioenergy, Central Black Earth Region

Acknowledgements: The authors would like to thank their colleagues from the Russian Research Institute of Forest Genetics, Selection and Biotechnology for their assistance in the establishment of experimental facilities. The authors would like to express their special gratitude to the workers of production enterprises of Lipetsk and Voronezh regions: Kulikovskiy Forestry (Director – A.A. Sergeev), LLC "United Nurseries" (General Director – A.N. Tseplyaev), as well as a branch of LLC "Sokolinye Sady" (Director – K.P. Kolesnik). These and other production enterprises provided assistance in growing hybrids, planting variety testing and collection-mat plantations of poplars, their care and protection.

For citation: Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Evlakov P.M. Bioenergetic and Reproductive Plantations of True Poplars Species in the Central Black Earth Region of Russia. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 5, pp. 75–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-5-75-89>

Введение

О необходимости использовать быстрорастущие лиственные древесные виды для получения биоэнергии сказано в международной [8, 10, 21] и отечественной [6] печати еще во 2-й половине XX в. При этом для создания более эффективных биоэнергетических плантаций предлагалось применение отсе-

лектированных представителей различных древесных видов. В последующие годы селекции быстрорастущих древесных растений, особенно тополей, получению биоэнергии уделялось все больше внимания как за рубежом [19, 20], так и в России [2, 7, 9].

На последней, 26-й Всемирной сессии Международной комиссии Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН по тополи и другим быстрорастущим древесным растениям в 2022 г. о проблеме получения биоэнергии на плантациях высказывались представители Аргентины (L.I. Faastino et al. [11]), Германии (T. Simon, L. Dirk [15]), Латвии и Литвы (E. Linkevicius, D. Lazdina [13]), Польши (M. Niemczyk, A. Kaliszewski [14]), Украины (Н. Кутсок и др. [12]), Чехии (J. Weger et al. [18]) и других стран. В докладах российских исследователей на этой сессии (опубликованы в дискуссионной группе 2 «Селекция, отбор и оценка» рабочего раздела 2 «Доместикация и консервация генетических ресурсов») отмечалась важность селекции зимостойких быстрорастущих тополей и осин [16, 17].

Для использования древесных растений в биоэнергетике, особенно в условиях России, они должны обладать некоторыми особенностями: быстротой роста, в частности в ювенильном возрасте, устойчивостью к зимним морозам, способностью к значительному накоплению биомассы и др. При этом одним из важных показателей является стабильность рангов роста растений в молодом возрасте. Так, Г.П. Озолин [3] полагал, что при отборе быстрорастущих гибридов тополей более целесообразным является отбор среди 2-летних гибридных растений, однако необходимо ждать многие годы (10–15 лет) для окончательного заключения о производительности того или иного полученного нового гибрида. Н.В. Старова [5] указывала, что предварительные выводы по сортовому районированию тополей и скорости их роста можно дать через 3 года после начала сортоиспытания. П.Л. Богданов [1] оценивал срок выведения и передачи сортов тополей в практику в 20 лет. В.М. Ровский и Е.Г. Саркисова [4] на основании результатов исследования 5-летних сеянцев сделали вывод, что оценку скорости роста тополей следует начинать не ранее 3–4-летнего возраста.

В работе А.П. Царева [6] при исследовании смены рангов роста от 2–5 лет до возраста технической спелости (15–25 лет) было установлено, что для обеспечения гарантии надежности выбора быстрорастущих растений необходимо ориентироваться на группу лидеров. Для определения численности этой группы прослежена динамика лидирующих клонов тополей, которые были отобраны в 2-летнем возрасте. Выяснилось, что в этом возрасте следует отбирать не менее 3–4 лидирующих клонов, чтобы быть уверенным, что хотя один из них останется в лидирующей группе к возрасту технической спелости. В 3–5-летнем возрасте такую гарантию можно получить уже при 2 лидирующих клонах, но для более высокой точности необходимо отбирать 3–4 лидирующих сорта, гибрида или клона.

При этом данная ориентация зависит также от цели создания насаждений: выращивание крупной древесины; озеленение, защитное лесоразведение, облесение овражно-балочных систем; потребности энергетики, особенно при посадке короткоротационных плантаций, когда требуется в кратчайшие сроки получить максимум биомассы. То есть возраст количественной спелости для

биоэнергетических целей может быть значительно снижен, что позволяет проводить селекцию растений в ювенильном возрасте. В зависимости от целей это может быть 2–3- и 5-летний возраст.

Цель исследования – изучение приживаемости, сохранности и динамики роста различных сортов, гибридов и клонов тополей в начале ювенильного возраста и отбор их перспективных форм. Кроме того, анализировался выход стандартных черенков на опытно-производственных коллекционно-маточных плантациях (КМП) в различном возрасте корневых систем тополей.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на нескольких новых сортоиспытательных участках и КМП, созданных с 2015 по 2022 г. в Воронежской и Липецкой областях. Здесь в последние 3 года отобран ряд сортов и перспективных клонов тополей, из которых сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института лесной генетики, селекции и биотехнологии (ВНИИЛГИСБиотех) и Воронежского государственного лесотехнического университета (ВГЛТУ) заложено 5 опытно-производственных объектов энергетической направленности:

1. Сортоиспытательный участок в «Объединенных питомниках». Объект находится в с. Приволье Семилукского района Воронежской области. Участок заложен весной 2021 г. Географические координаты – 51°48'14" с. ш. 38°57'13" в. д.; высота над уровнем моря – 175 м. Почва – обыкновенный суглинистый чернозем. Площадь участка – 0,16 га. Расстояние между растениями – 2 м в рядах и 4 м в междурядьях. Число повторностей – 5. Настоящие тополя (черные, бальзамические и их гибриды) высажены стандартными стеблевыми черенками: длина – 20–25 см, минимальная толщина в верхнем отрезе – 0,6–2,0 см (ГОСТ 17267–71 «Черенки тополя для лесостепной и степной зон»). Белые тополя высажены укорененными саженцами, требования к которым определены ГОСТ 17266–71 «Саженцы тополей черенковые для лесостепной и степной зон». Из настоящих тополей на этом участке были высажены следующие культивары: Регенерата (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier cv. Regenerate); Сакрау-59 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. sacrau-59); волосистоплодный-84 (*P. trichocarpa* Torr. et Gray), – а также гибриды Э.с.-38, полученный М.М. Вересиним, Борей и Версия, полученные А.П. Царевым.

2. КМП, примыкающая к описанному выше сортоучастку в с. Приволье. Заложена весной 2022 г. На ней представлено 16 клонов, гибридов и сортов настоящих тополей:

2 из секции черных пирамидальных: Пирамидально-осоконовый Камышинский селекции А.В. Альбенского (ПОК) и сорт Бриз селекции Р.П. Царевой и В.А. Царева;

5 евро-американских культиваров из секции черных тополей с раскидистой формой кроны: Бахельери (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. Bachelieri), Брабантика-175 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. Brabantica), Сакрау-59 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. sacrau-59), Серотина-19 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. serotina-19), Серотина-189 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. serotina-189);

2 вида черных тополей: дельтовидный (*P. deltoides* Marsh.) и Победа (*P. nigra* L.) из Волгограда;

3 вида из секции бальзамических тополей: волосистоплодный-84 (*P. trichocarpa* Torr. et Gray), китайский-85 (*P. simonii* Carr.) и московский-101 (*P. moskowiensis* Schroed.);

4 межсекционных гибрида настоящих тополей: Борей, Версия, Ивантеевский и Э.с.-38.

Все настоящие тополя посажены стеблевыми черенками. Площадь КМП – 0,37 га, расстояние между растениями в рядах – 1 м, между рядами – 4 м. Оба участка закладывались сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех совместно с работниками Объединенных питомников.

3. КМП Куликовского лесхоза Липецкого управления лесного хозяйства. Местоположение – с. Боровое Усманского района Липецкой области. Географические координаты – 52°12'43" с. ш. 39°30'32" в. д., высота над уровнем моря – 109 м. Почва – чернозем обыкновенный суглинистый. Посадка осуществлена стандартными стеблевыми черенками с размещением посадочных мест 3,0×0,5 м. Плантация состоит из 2 участков. Оба участка закладывались сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех совместно с работниками Куликовского лесхоза. Первый участок заложен на площади 0,24 га, а второй – на площади 0,15 га. Полученные результаты приведены по более молодому 2-му участку. На нем высажены следующие клоны и сорта настоящих тополей: ПОК из секции черных пирамидальных, дельтовидный, Мариландика (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. marilandica) и Сакрау-59 (*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. sacrau-59) из секции черных тополей с раскидистой кроной; волосистоплодный-84 (*P. trichocarpa* Torr. et Gray), китайский-85 (*P. simonii* Carr.) и Максимовича (*P. maximowiczii* Henry) из секции бальзамических тополей; Борей, Версия, Ивантеевский и Э.с.-38 из группы межсекционных гибридов настоящих тополей.

4. Сортоиспытательный участок филиала «Соколиных Садов», расположенный в Нижнедевицком районе Воронежской области. Географические координаты – 51°41'36" с. ш. 38°36'02" в. д.; высота над уровнем моря – 225 м. Почва – чернозем обыкновенный суглинистый. Площадь участка – 1,0 га. Размещение растений с расстоянием между ними 4 м в рядах и 4 м в междурядьях. Число повторений – 4. Все тополя высажены стандартными стеблевыми черенками.

5. Карбоновый полигон создан на территории лесного питомника ВГЛТУ. Географические координаты – 51°04'21" с. ш. 39°01'17" в. д; высота над уровнем моря – 150 м. Почва – темно-серая лесостепная среднесуглинистая на лессовидном карбонатном суглинке. Площадь, занятая настоящими тополями, составляет 0,11 га. Размещение 3×2 м. Посадка осуществлена стеблевыми черенками. Проводилось по 3 прополки в течение вегетации. В 1-й год выполнялись поливы в жаркие периоды (3 раза в месяц), во 2-й год участок в поливах не нуждался. На участке испытывалось 5 клонов настоящих тополей: ПОК, Сакрау-59, Э.с.-38, местный тополь черный (осокорь) и белый тополь Ведуга.

Расчет выхода черенков на 1 га определялся по формулам:

$$N = \frac{6667Sn}{100}; \quad N = \frac{2500Sn}{100},$$

где 6667 и 2500 – количество кустов на 1 га при размещении 3,0×0,5 и 4×1 м соответственно; *S* – сохранность кустов, %; *n* – выход черенков с 1 куста.

В настоящей работе по всем полевым опытно-производственным объектам анализировались результаты исследований только по настоящим тополям (черным, бальзамическим и их гибридам).

Результаты исследования и их обсуждение

Показатели роста и сохранности 2-летних тополей на сортоиспытательном участке в с. Приволье представлены в табл. 1.

Таблица 1

Рост и сохранность 2-летних тополей на сортоучастке в с. Приволье (посадка – 12.04.21, замеры – 31.08.22)
Poplars' survival and growth in Privolye village variety testing site at the age of 2 years (planting – 12.04.21, measurements – 31.08.22)

Сорт/клон	Инвентарный номер	Высажено, шт.	Сохранность, %	Высота, см			
				\bar{x}	$\pm S_{\bar{x}}$	max	min
<i>Секция черных тополей</i>							
Регенерата	78	31	77	260	16,5	395	115
Сакрау-59	50	19	84	370	13,8	470	270
<i>Секция бальзамических тополей</i>							
Волосисто-плодный	84	14	93	416	12,7	470	320
<i>Межсекционные гибриды настоящих тополей</i>							
Э.с.-38	94	35	97	374	8,8	440	245
Борей	13-01	21	71	264	22,1	390	130
Версия	22-08	14	93	359	21,5	435	170

Примечание: \bar{x} – среднее; $\pm S_{\bar{x}}$ – стандартная ошибка.

Из данных табл. 1 видно, что сохранность испытанных тополей в 2-летнем возрасте колебалась от 71 (Борей) до 97 (Э.с.-38) %. Наибольшая средняя высота в 2-летнем возрасте оказалась у тополя волосистоплодного – $416 \pm 12,7$ см. Хорошие значения высот в этом возрасте были и у гибридов Э.с.-38 ($374 \pm 8,8$ см) и Сакрау-59 ($370 \pm 13,8$ см). При этом максимальные высоты отмеченных тополей достигали 440–470 см.

На рис. 1 представлен общий вид насаждений тополя Э.с.-38 и тополя Сакрау-59 в 2-летнем возрасте, произрастающих на двух сортоучастках в с. Приволье. Средняя высота на 31.08.2022 г. у тополя Э.с.-38 была 374 см, у тополя Сакрау-59 – 370 см.

Показатели сохранности и роста 1-летних тополей, произрастающих на КМП в с. Приволье, приведены в табл. 2. Данные показывают, что в целом укореняемость всех тополей, кроме 2 черных пирамидальных и 1 межсекционного гибрида Ивантеевского, была высокой и колебалась от 83 до 100 %. Наибольшая средняя высота отмечена у 2 бальзамических тополей: волосистоплодного-84 ($179 \pm 6,5$ см) и китайского-85 ($138 \pm 2,8$ см). Средняя высота по всей КМП составила 119 см.



Рис. 1. Насаждение тополей на сортоиспытательном участке в с. Приволье. На переднем плане: *a* – тополь Э.с.-38 (возраст – 2 года, средняя высота – 374 см); *б* – тополь Сакрау-59 (возраст – 2 года, средняя высота – 370 см)

Fig. 1. Poplar trees growing on the variety testing site at the Privolye village. In the foreground: *a* – poplar E.s.-38 (age – 2 years, average height – 374 cm); *б* – poplar Sacrau-59 (age – 2 years, average height – 370 cm)

Таблица 2

**Приживаемость и рост 1-летних тополей на КМП в с. Приволье
(посадка – 13.04.22, замеры 31.08.22)**
**Survival and growth of annual poplars at the collection-stool bed plantation
in Privolye village (planting – 13.04.22, measurements – 31.08.22)**

Сорт/клон	Инвентарный номер	Высажено, шт.	Приживаемость, %	Высота, см			
				\bar{x}	$\pm S_{\bar{x}}$	max	min
<i>Секция черных пирамидальных тополей</i>							
ПОК	91	50	70	92	3,0	125	50
Бриз	04-06	63	32	123	5,5	160	57
<i>Секция черных тополей с раскидистой формой кроны</i>							
Бахельери	30	110	86	128	3,4	192	20
Брабантика-175	58	17	94	103	6,7	142	47
Дельтовидный	–	31	90	113	4,9	169	62
Победа	–	5	100	96	7,1	118	82
Сакрау-59	50	80	94	138	3,8	200	40
Серотина	19	31	90	111	8,3	220	11
Серотина-686	189	10	100	103	8,2	149	75
<i>Секция бальзамических тополей</i>							
Волосисто-плодный	84	35	97	179	6,5	230	32
Китайский	85	60	83	138	2,8	169	93
Московский	101	40	88	109	3,8	153	50
<i>Межсекционные гибриды настоящих тополей</i>							
Э.с.-38	94	61	93	121	4,4	178	24
Ивантеевский	46	36	69	114	4,3	156	74
Борей	13-01	25	100	109	5,2	157	5
Версия	22-08	45	98	121	4,4	170	25

Выход стандартных черенков у рассматриваемых 1-летних настоящих тополей варьировал по секциям: от 2,4 (Бриз) до 3,5 (ПОК) тыс. шт./га у черных пирамидальных; от 4,7 (Брабантика-175) до 9,4 (Сакрау-59) тыс. шт./га у черных с раскидистой кроной; от 4,4 (московский) до 12,1 (волосистоплодный) тыс. шт./га у бальзамических; от 3,5 (Ивантеевский) до 7,3 (Версия) тыс. шт./га у межсекционных гибридов. В целом по участку средний выход стеблевых черенков на 1-летней плантации в Приволье в пересчете на 1 га составил 5890 шт.

Приживаемость и рост 1-летних растений настоящих тополей на 1-летних и 3-летних корнях на Куликовской опытно-производственной КМП представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Приживаемость и рост 1-летних тополей
на Куликовской опытно-производственной КМП
Survival and growth of annual poplars plants at the Kulikovsky experimental
production collection-stool bed plantation**

Сорт/клон	Инвентарный номер	Высажено, шт.	Приживаемость, %	Высота на 1-летних корнях, см		Показатели на 3-летних корнях	
				\bar{X}	$\pm S_{\bar{x}}$	средняя высота, см	выход черенков, шт./га
<i>Секция черных пирамидальных тополей</i>							
ПОК	91	87	90	111	5	180	66 700
<i>Секция черных тополей с раскидистой формой кроны</i>							
Дельтовидный	–	29	79	149	9	240	122 878
Мариландика	34	13	77	147	19	230	144 539
Сакрау-59	50	33	79	107	6	340	64 997
<i>Секция бальзамических тополей</i>							
Волосистоплодный	84	56	84	183	12	190	111 806
Китайский	85	17	88	133	10	175	64 069
<i>Межсекционные гибриды настоящих тополей</i>							
Борей	13-01	60	63	120	8	100	7264
Версия	22-08	47	85	115	6	200	146 251
Ивантеевский	46	70	69	126	5	180	32 495
Э.с.-38	94	158	84	157	5	240	170 452

Из данных табл. 3 видно, что у испытанных клонов и сортов тополей приживаемость оказалась довольно высокой, она колебалась от 77 до 90 %, составляя в среднем 88,5 %. Средняя высота 1-летних побегов на 1-летних корнях у разных клонов варьировала от 107 (Сакрау-59) до 183 (волосистоплодный) см. В среднем по участку она составила 130 см.

Выход стандартных черенков у рассматриваемых 1-летних настоящих тополей на 1-летних корнях колебался по секциям: 17,9 тыс. шт./га (ПОК) у черных

пирамидальных; от 15,8 (Сакрау-59) до 21,1 (дельтовидный) тыс. шт./га у черных с раскидистой кроной; от 4,9 (Максимовича) до 33,6 (волосистоплодный) тыс. шт./га у бальзамических; от 13,7 (Ивантеевский) до 27,8 (Э.с.-38) тыс. шт./га у межсекционных гибридов. Средний выход стеблевых черенков на участке у тополей на 1-летних корнях на Куликовской плантации в пересчете на 1 га оказался равен 16,0 тыс. шт./га.

На рис. 2 показан общий вид 2-летней маточной плантации, заложенной в Куликовском лесхозе Липецкой области.



Рис. 2. 2-летняя маточная плантация тополей в Куликовском лесхозе Липецкой области. На переднем плане слева – тополь Э.с.-38 (высота – 2,6 м), справа – тополь китайский (высота – 2,4 м)

Fig. 2. Two-year-old stool bed plantations of poplars in the Kulikovskiy forestry of the Lipetsk region. In the foreground on the left – poplar E.s.-38 (height 2.6 m), on the right – *P. simonii* (height 2.4 m)

Средняя высота 1-летних побегов (хлыстов) тополей на 3-летних корнях варьировала от 100 (Борей) до 340 (Сакрау-59) см и в среднем по участку составила 190 см, что на 46 % больше высоты побегов, растущих на 1-летних корнях.

Выход стандартных черенков у рассматриваемых 1-летних побегов настоящих тополей на 3-летних корнях колебался по секциям: 66,7 тыс. шт./га (ПОК) у черных пирамидальных; от 65,0 (Сакрау-59) см до 144,5 (Мариландика) тыс. шт./га у черных с раскидистой кроной; от 64,0 (китайский) до 111,8 (волосистоплодный) тыс. шт./га у бальзамических; от 7,2 (Борей) до 170,5 (Э.с.-38) тыс. шт./га у межсекционных гибридов. Средний выход черенков на 3-летних корнях составил 78 460 шт./га, что в 5 раз превышает их выход на 1-летних корнях.

Результаты, полученные в 1-й год на опытно-производственном сортоиспытательном участке на землях филиала «Соколиных Садов», представлены в табл. 4. Приживаемость испытываемых тополей в 1-летнем возрасте колебалась от 39 (Мариландика) до 97 (Э.с.-38) %. Наибольшая средняя высота отмечена у тополя волосистоплодного из секции бальзамических ($99 \pm 4,5$ см). На 2-м месте по высоте на этом участке был гибрид Э.с.-38 ($82 \pm 3,3$ см).

Следует отметить, что на этом участке уходы проводились нерегулярно и поэтому показатели сохранности и роста по высоте несколько ниже, чем могли бы быть в случае регулярных уходов. Однако данный факт не мешает проследить характерные для насаждения тенденции.

Таблица 4

Приживаемость и рост 1-летних тополей на сортоиспытательном участке на землях филиала «Соколиных Садов»
Survival and growth of annual poplars at the variety testing site on the lands of Sokolinye Sady LLC branch

Сорт/клон	Инвентарный номер	Высажено, шт.	Приживаемость		Высота, см	
			шт.	%	\bar{X}	$\pm S_{\bar{X}}$
ПОК	91	64	37	58	47	3,2
Мариландика	34	64	25	39	45	6,0
Сакрау-59	50	64	42	66	64	4,7
Волосистоплодный	84	64	53	83	99	4,5
Версия	22-08	64	53	83	61	3,9
Ивантеевский	46	64	48	75	55	4,1
Э.с.-38	94	64	62	97	82	3,3
Черный (опушка)	–	100	24	24	54	7,7
<i>Итого</i>		612	344	56	65	1,8

В табл. 5 представлены сведения о росте 2-летних тополей, произрастающих на карбоновом полигоне ВГЛТУ.

Таблица 5

Рост и сохранность 2-летних тополей на карбоновом полигоне ВГЛТУ
Growth and survival of poplars at the age of two years on the carbonic polygon of VGLTU

Сорт/клон	Инвентарный номер	Высажено, шт.	Сохранность, %	Высота, см			
				\bar{X}	$\pm S_{\bar{X}}$	max	min
ПОК	91	50	82	209	9	332	107
Сакрау-59	50	25	68	355	19	484	215
Э.с.-38	94	25	80	399	16	495	210
Осокорь	–	75	87	172	13	336	45
<i>Итого и среднее</i>		175	82	219	11	495	45

Согласно данным табл. 5, сохранность тополей на карбоновом полигоне ВГЛТУ в 2-летнем возрасте была значительной – 82 %. Средняя высота по участку составила 219 ± 11 см. Лучшими по росту стали евро-американский культивар Сакрау-59 (355 ± 19 см) и отечественный гибрид Э.с.-38 (399 ± 16 см).

Мир ускоряет движение к эпохе рационального использования природных ресурсов, особенно энергетических. Если раньше основной упор делался на использование ископаемых и невозобновляемых ресурсов, то во многих странах сегодня переходят к парадигме производства возобновляемых энерго-ресурсов. Среди них быстрорастущие древесные породы занимают значительное место. В Советском Союзе занимались селекцией разных древесных растений, но после его распада эта работа была сильно ослаблена [7].

Однако в последнее время появились энтузиасты, которые заинтересовались выращиванием быстрорастущих древесных пород. Первые результаты таких работ в Центральном Черноземье изложены в этой статье. Во многих случаях хорошие результаты, не уступающие зарубежным, получены во многом благодаря заботливому уходу за опытными полевыми экспериментами. Так, при изучении 4 культиваров тополей в Германии на черноземе в Эрфурте в Тюрингии (T. Simon, L. Dirk, 2022 г. [15]) выяснилось, что их высоты в 3-летнем возрасте колебались от 277 (у тополя *Fritzi Pauley*) до 448 (у тополя *Мах-1*) см. На сортоиспытательном участке в Объединенных питомниках в с. Приволье Семилукского района Воронежской области (см. табл. 1) при изучении 6 сортов и клонов тополей высоты у 2-летних растений варьировали от $260 \pm 16,5$ (у евро-американского сорта Регенерата) до $416 \pm 12,7$ (клон тополя волосистоплодного № 84) см. На карбоновом полигоне ВГЛТУ высота 2-летних настоящих тополей колебалась от 172 ± 13 до 399 ± 16 см, что также не уступало результатам, полученным в Тюрингии. При этом лучшим клоном на данном участке оказался также тополь Э.с.-38, который был передан ВГЛТУ сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех после размножения и испытания его в разных зонах европейской части РФ и Украины.

Сравнивая полученные данные на опытно-производственных КМП в Воронежской и Липецкой областях, можно отметить, что лучшие результаты за 3 года отмечены на территории Куликовского лесхоза (директор – А.А. Сергеев) Липецкого управления лесного хозяйства. В 1-й год роста клон Э.с.-38 показал среднюю высоту $157 \pm 5,0$ см. Это выше, чем в с. Приволье ($121 \pm 4,4$ см), на 30 %. А наиболее быстрорастущий в 1-е годы тополь волосистоплодный-84 имел практически одинаковые результаты – при несущественном превышении – с липецким тополем (см. табл. 2 и 3).

Наиболее низкие значения роста тополей в 1-й год в «Соколиных Садах» можно объяснить только чрезвычайной загруженностью сотрудников и недостатком рабочей силы в текущем первоначальном году деятельности в этом направлении. Учитывая энтузиазм руководства по реальному созданию энергетических плантаций в стране, можно рассчитывать на прогресс в последующие годы и в Центральном Черноземье.

Выводы

В настоящей публикации проанализированы пионерные работы последнего десятилетия по созданию биоэнергетических полевых опытных объектов в Центральном Черноземье. Они позволяют сделать следующие выводы:

1. Приживаемость и сохранность на сортоиспытательных объектах «Объединенных питомников» и в «Соколиных Садах» варьировала у разных клонов: от 71 до 97 % (в среднем 86 %) в 1-м случае и от 24 до 97 % (в среднем 56 %) – во 2-м. Наиболее высокие показатели в «Объединенных питомниках» были у тополей Э.с.-38 (97 %), волосистоплодного (93 %), Версии (93 %) и Сакрау-59 (84 %); в «Соколиных Садах» – у Э.с.-38 (97 %), Версии (83 %) и волосистоплодного (83 %).

2. Лучшие результаты по росту зафиксированы на 2-летних сортоиспытательных объектах Объединенных питомников. Здесь выделено несколько быстрорастущих в ювенильном возрасте клонов и сортов настоящих тополей.

Среди них можно отметить тополя волосистоплодный-84, Э.с.-38, Сакрау-59 и Версия. Их средние высоты варьировали от $359\pm 21,5$ до $416\pm 12,7$ см, а максимальные – от 435 до 470 см.

3. Хорошие показатели получены и на Карбоновом полигоне Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова со средней сохранностью 2-летних тополей 82 %. На этом участке (в отличие от остальных, описанных в данной работе) регулярно проводились уходы и в засушливые периоды – поливы. Здесь средние высоты лучших клонов тополей колебались от 209 ± 9 до 399 ± 16 см, а их максимальные высоты – от 332 до 495 см.

4. Наиболее хорошие результаты при выращивании репродукционного материала получены на коллекционно-маточной плантации Куликовского лесхоза Липецкого управления лесного хозяйства. Среди 1-летних растений лучшие показатели зафиксированы у тополей волосистоплодного-84 (183 см), Э.с.-38 (157 см), дельтовидного (149 см), Мариландика (147 см) и китайского (133 см). Среди 1-летних растений, выросших на 3-летних корнях, самыми перспективными оказались тополя Сакрау-59 (340 см), Э.с.-38 и дельтовидный (по 240 см), Мариландика (230 см) и Версия (200 см). В целом выход стандартных стеблевых черенков из 1-летних растений на 1-летних корнях составил 16,0 тыс./га, а на 3-летних корнях – 78,5 тыс. шт./га.

5. Таким образом, в различных условиях произрастания лучшие приживаемость, сохранность, рост в высоту и выход стандартного посадочного материала в ювенильном возрасте показали тополя волосистоплодный, Э.с.-38, Сакрау-59, Версия и некоторые другие – они могут быть рекомендованы для создания биоэнергетических плантаций в Центрально-Черноземном регионе РФ.

6. Полученные первые результаты новых исследований перспективны в плане рационального использования возобновляемых энергетических ресурсов в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Богданов П.Л. Тополя и их культура. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 104 с.
Bogdanov P.L. *Poplars and Their Culture*. Moscow, Forest industry Publ., 1965. 104 p. (In Russ.).
2. Морковина С.С., Колесниченко Е.А., Царев А.П., Воробьев А.Ю., Торжков И.О. Факторы развития лесопромышленного бизнеса в современных условиях хозяйствования. СПб.: СПбНИИ лесн. хоз-ва, 2017. 158 с.
Morkovina S.S., Kolesnichenko E.A., Tsarev A.P., Vorobyev A.J., Torzhkov I.O. *Factors of Development of Timber Business in Modern Economic Conditions*. St. Petersburg, St. Petersburg Research Institute of Forestry Publ., 2017. 158 p. (In Russ.).
3. Озолин Г.П. Селекция тополя в Узбекистане на быстроту роста, производительность и устойчивость к болезням и вредителям. Ташкент: М-во сел. хоз-ва УзССР. Среднеаз. науч.-исслед. ин-т лесн. хоз-ва, 1962. 198 с.
Ozolin G.P. *Poplar Selection in Uzbekistan for Growth Rate, Productivity and Resistance to Diseases and Pests*. Tashkent, Ministry of Agriculture of the Uzbek SSR. Central Asian Scientific Research Institute of Forestry, 1962. 198 p. (In Russ.).
4. Ровский В.М., Саркисова Е.Г. О минимальном возрасте, в котором следует начинать отбор быстрорастущих растений тополя // Тр. СредАзНИИЛХ. 1969. Вып. 11. С. 158–163.
Rovsky V.M., Sarkisova E.G. On the Minimum Age at Which to Start Selecting Fast-growing Poplar Plants. *Proceedings of SredAzNIILKH*, 1969, iss. 11, pp. 158–163. (In Russ.).
5. Старова Н.В. Методика селекции и сортоиспытания тополей. Харьков: УкрНИИЛХА, 1962. 60 с.

Starova N.V. *Methodology of Poplars Breeding and Variety Testing*. Kharkiv, URIFFM Publ., 1962. 60 p. (In Russ.).

6. Царев А.П. Минимальный возраст для оценки быстроты роста тополей при сортоиспытании // Лесоведение. 1977. № 3. С. 67–71.

Tsarev A.P. Minimum Age for Assessing the Growth Rate of Poplars During Variety Testing. *Lesovedeniye = Forestry*, 1977, no. 3, pp. 67–71. (In Russ.).

7. Царев А.П., Лаур Н.В., Царев В.А., Царева Р.П. Современное состояние лесной селекции в Российской Федерации: тренд последних десятилетий // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 6. С. 38–55.

Tsarev A.P., Laur N.V., Tsarev V.A., Tsareva R.P. The Current State of Forest Breeding in the Russian Federation: Trend of Recent Decades. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2021, no. 6, pp. 38–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-38-55>

8. Царев А.П., Мироненко С.С. Возможности энергетических плантаций тополя в центральной лесостепи // Лесн. хоз-во. 1997. № 2. С. 35–36.

Tsarev A.P., Mironenko S.S. The Possibilities of Poplar Energy Plantations in the Central Forest-steppe. *Lesnoe khozaistvo = Forestry*, 1997, no. 2, pp. 35–36. (In Russ.).

9. Царев А.П., Царев В.А. Биомасса тополей подрода *Eupopulus* Dode для производства биоэнергии // Лесн. вестн. 2015. № 6. С. 57–62.

Tsarev A.P., Tsarev V.A. Biomass of Poplar Trees of Subgenus *Eupopulus* Dode for Bioenergy Production. *Lesnoy Vestnik = Forestry Bulletin*, 2015, no. 6, pp. 57–62. (In Russ.).

10. Bajaj Y.P.S. Biotechnology of Tree Improvement for Rapid Propagation and Biomass Energy Production. *Trees*. Berlin, 1986, no. 1, pp. 1–23. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70576-2_1

11. Faustino L.I., Alvarez J.A., Garcia C.M., Bonnin S.M. *Potential Yield of Populus Deltoides Nacurutu Inta Plantations at Delta of Rio Parana, Argentina*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 103. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

12. Kutsokon N., Khudolieva L., Rakhmetov J., Rakhmetova S., Rashydov N. *Evaluation of the Fast-growing Tree Clones for Bioenergy Needs in Ukraine*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 95. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

13. Linkevicius E., Lazdina D. *Allasia Poplar Clone Productivity and Growth in Latvia and Lithuania – Short Rotation Coppice First Harvest Results*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 102. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

14. Niemczyk M., Kaliszewski A. *The Effects of Cultivar and Rotation Length of Biomass Production, Sustainability, and Economic Profitability of Poplar (Populus spp.) Bioenergy Plantation*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022.

P. 96. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

15. Simon T., Dirk L. *Growth of Four Poplar Varieties in a Short Rotation Coppice System on a Chernozem in Erfurt, Thuringia (Germany)*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 100. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

16. Tsarev A., Tsareva R. *Breeding of Frost Resistant Poplar Varieties in Central Chernozem Region of Russia*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 7. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

17. Tsareva R., Tsarev V. *Aspen Breeding in the Central Black Earth Region of Russia*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 6. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

18. Weger J., Humešova T., Vavrova K. *Fast-growing Trees in Agroforestry Systems for Erosion Control and Biomass Production – Concept and First Results*. Abstr. of subm. papers and posters from the 26th Session of International Poplar Commission and other fast-growing trees sustaining people and the environment: The role of Salicaceae and other fast-growing trees in economic recovery, sustainable wood supply, and climate change mitigation (Rome, Italy 05-08 October 2021). Rome (Italy), 2022. P. 106. Available at: <http://www.fao.org/ipc/en/>; <http://www.fao.org/ipc/meetings/twenty-sixth-session/en/> (accessed 18.10.23).

19. Wühlisch G. von. *Ergebnisse der Züchtung von Pappeln und Aspen in Großhansdorf. Perspektiven für die Energie – und Rohstoffherzeugung*. Vortr. Pflanzenzüchtung, 2006, vol. 70, pp. 157–172. (In Germ.).

20. Ylitalo E., Mustonen M. Consumption of Renewable Energy and Wood Fuels in the European Union. *Forest Bioenergy for Europe*, 2014, no 4, pp. 17–22.

21. Zsuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F. *Trends in Poplar Culture: Some Global and Regional Perspectives*. Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation. Ed. by R.F. Stettler, Jr.H.D. Bradshaw, P.E. Heilman, T.M. Yinckley. Ottawa, NRC-CNRC, NRC Research Press Publ., 1996. pp. 515–539.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest