

УДК 630\*232.13:630\*238

## ИСПЫТАНИЕ ТРИПЛОИДНЫХ ГИБРИДОВ ТОПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О. С. Машкина<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Воронежский государственный университет  
394006, Воронеж, Университетская пл., 1<sup>2</sup> Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии  
394087, Воронеж, ул. Ломоносова, 105

E-mail: olga\_mashkina@yahoo.com

Поступила в редакцию 14.09.2015 г.

Впервые приводятся данные 28–30-летних испытаний в Центральном Черноземье (Семилукский популетум Воронежской обл.) триплоидных гибридов ( $2n = 3x = 57$ ) тополя, полученных с использованием в гибридизации искусственно синтезированной с помощью повышенной температуры или колхицина нередуцированной диплоидной ( $2n$ ) пыльцы. Изучены сохранность, показатели линейного и радиального роста, объем ствола и запас древесины на 1 га у 26 три- и диплоидных ( $2n = 2x = 38$ ) клонов тополей белого *Populus alba* L., бальзамического *P. balsamifera* L., черного *Populus nigra* L. и межсекционных гибридов *Populus deltoides* Marsh. × *P. balsamifera* L. Выявлено, что к 28-летнему возрасту сохранность триплоидных гибридов тополя белого выше, чем диплоидных. Основная гибель растений в обеих группах происходила в первые 3 года после высадки черенковых саженцев в питомник, тогда как у остальных клонов тополя – после аномально жаркого и сухого лета 2010 г. Особенно сильно от засухи пострадал клон диплоидного тополя бальзамического (сохранность 40 %), в меньшей степени – тополя черного Робуста-236 (сохранность 60 %). Не выявлено статистически достоверных различий по росту между группами ди- и триплоидных гибридов тополя белого. Только часть искусственно полученных ауто триплоидных гибридов (40 %) оказалась быстрорастущей и продуктивной. Высказывается предположение, что гетерозисный эффект у триплоидов может обеспечить участие в гибридизации высокогетерозиготных  $2n$  гамет, сформировавшихся на основе асинопсиса хромосом и выпадения I деления мейоза. В перспективные сортаменты для испытанных условий отобрано 6 быстрорастущих, продуктивных и устойчивых к засухе гибридов (из них 4 триплоида).

**Ключевые слова:** тополь, гибриды, триплоиды, засуха, сохранность, продуктивность, Воронежская область.

DOI: 10.15372/SJFS20160507

### ВВЕДЕНИЕ

Тополь (сем. Salicaceae, род *Populus*) – быстрорастущее древесное растение умеренного климата. «Эвкалипты севера» – так назвал их проф. Н. К. Вехов за быстроту роста и скороспелость. Тополевые насаждения способны давать технически пригодную древесину при обороте рубки в 20 лет и менее (Царев и др., 2010). Древесина используется в целлюлозно-бумажной и вискозной промышленности, спичечном и фанерном производстве, мебельной промышленности, изготовлении пиломатериалов и др. Тополь – один из главных компонентов водоре-

гулирующих, почвозащитных и полезащитных насаждений (Царев, 1985; Сиволапов, 2005). Мужские экземпляры широко применяются для озеленения населенных пунктов: насыщают воздух кислородом, обладают хорошей газоустойчивостью и газопоглощительной способностью, фитонцидными свойствами и др., за что их называют «зелеными фильтрами города» (Бакулин и др., 2012). В озеленении г. Воронежа и области тополя составляют более 50 % (Федорова, Михеева, 2008).

Тополь занимает обширный ареал, заходя далеко на север. Благодаря скорости роста, экологической пластичности, спектру хозяйствен-

но ценных признаков и свойств, легкости вегетативного размножения большинства видов (за исключением белых и черных тополей) он находит широкое применение в народном хозяйстве. Тем не менее современный ассортимент тополей не может в полной мере удовлетворить все возрастающие потребности его практического использования. Кроме того, глобальное потепление климата привело в последние годы к увеличению числа засух в центральной части России, которые оказали негативное влияние и на лесные древесные растения. Так, за последние 20 лет в Воронежской области отмечено семь засух разной силы (1991, 1995, 2001, 2007, 2010, 2012 и 2014 гг.). Особенно сильной засуха была в 2010 г.

При работе над повышением продуктивности и устойчивости тополя большие надежды возлагают на полиплоидию (Мацкевич, 1987). Это подход к получению соматического и адаптивного гетерозиса, а в практическом плане – путь к созданию плантаций интенсивного типа с коротким оборотом рубки (Машкина, Исаков, 2002). Особый практический интерес представляют триплоидные тополя ( $2n = 3x = 57$ ), нередко проявляющие соматический гетерозис. Такие экземпляры отбирают в природе (Рето, 1938; Мацкевич, 1987; Сиволапов, 2005 и др.) или искусственно получают на основе гибридизации и полиплоидии (Johnsson, 1945; Гуляева и др., 1980; Бакулин, 1986; Вересин, Царев, 1989; Wang et al., 2010; Lu et al., 2013 и др.). Из-за несбалансированного набора хромосом триплоиды характеризуются нарушенным прохождением мейоза и часто оказываются стерильными (не дают «пушистых» семян). Появление триплоидов связано с участием в оплодотворении нормальной гаплоидной ( $n = 19$ ) и нередуцированной диплоидной ( $2n = 38$ ) гамет, которые могут возникать спонтанно у диплоидных экземпляров. Однако частота их появления довольно низка и составила, по нашим данным, для разных видов тополя 0.22–8.0 % (Машкина и др., 1989). Источником  $2n$  гамет могут быть и тетраплоидные формы ( $2n = 4x = 76$ ), которые также относительно редко возникают в природе, чаще всего медленнее растут и в естественных условиях не выдерживают конкуренции с ди- и триплоидными растениями. В. Т. Бакулин (1986), работавший в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН, одним из первых в нашей стране показал возможность получения перспективных триплоидных гибридов тополя лавролистного *Populus caprifolia* Ledeb. на основе использова-

ния искусственно синтезированных им тетраплоидов в гибридизации с диплоидными экземплярами.

В своих исследованиях мы применили другой подход: искусственно синтезировали диплоидную (нередуцированную)  $2n$  пыльцу с последующим использованием ее в гибридизации с диплоидными экземплярами. В итоге в 80-е гг. XX в. получена серия триплоидных ( $2n = 3x = 57$ ) и диплоидных ( $2n = 2x = 38$ ) гибридов тополя белого *Populus alba* L. (Машкина и др., 1989) и межсекционных гибридов т. дельтовидный × т. бальзамический (*Populus deltoides* Marsh. × *P. balsamifera* L.) (Гуляева и др., 1980). Предварительно отобранные по скорости роста молодые растения в возрасте 4–5 лет были размножены (черенкованием в теплице), а затем созданы испытательные культуры.

Цель данной работы – изучить состояние, динамику роста и сохранность ранее созданных испытательных культур три- и диплоидных гибридов тополя в многолетней динамике (от года до 28–30 лет) для отбора гибридов, перспективных для практического использования. Приводятся новые данные многолетнего испытания искусственно полученных триплоидных гибридов тополя в различные по погодным условиям годы в Воронежской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Аутотриплоиды тополя белого *Populus alba* L. × *P. alba* L. получены нами при использовании в гибридизации искусственно синтезированной с помощью повышенной температуры нередуцированной диплоидной ( $2n$ ) пыльцы (Машкина и др., 1989), а аллотриплоидные гибриды (т. дельтовидный × т. бальзамический – *Populus deltoides* Marsh. × *P. balsamifera* L., пол мужской) – Е. М. Гуляевой и др. (1980) при использовании  $2n$  пыльцы, синтезированной с помощью колхицина.

Испытательные культуры (популетум) разноплоидных гибридов тополя созданы в Семилукском лесопитомнике Воронежской обл. Почва – типичный чернозем, уровень грунтовых вод 4–5 м. Посадка произведена однолетними черенковыми саженцами. Размещение растений 4 × 4 м. Испытательные культуры тополя белого представлены 12 триплоидными и 9 диплоидными клонами. Тополь белый относится к трудночеренкуемым породам (укореняемость черенков в теплице в возрасте 4–5 лет в зависимости от клоновой принадлежности соста-

вила от 9 до 60 %), поэтому количество рамет (растений одного клона) в клоне не было одинаковым (21 клон по 5–19 рамет в каждом). На другом опытном объекте представлено 5 клонов: 2 анализируемых аллотриплоидных гибрида, а в качестве контроля – диплоидные клоны ( $2n = 2x = 38$ ) тополя бальзамического и стандартного сорта Робуста-236 (естественный гибрид черных тополей, характеризующийся мощным ростом), аллотриплоидный гетерозисный клон Воронежский гигант (эс-38: т. дельтовидный × т. бальзамический) селекции М. М. Вересина (Вересин, Царев, 1989). Всего 75 растений (5 клонов по 5 рамет, высаженных в трех повторностях).

Сохранность растений определяли как отношение (%) сохранившихся (на определенный отрезок времени) растений к общему числу высаженных. Анализ хода роста у клонов тополя белого проводили в возрастном интервале 4–28 лет (по данным пяти лет), а у межсекционных гибридов – в возрастном интервале 1–30 лет (по данным 11 лет). Объемы стволов определяли по объемным таблицам для тополя (Hadži-Georgiev, Goruževski, 1972). Расчетный запас древесины (характеризующий быстроту роста древостоев как в высоту, так и по диаметру) вычисляли с учетом фактической сохранности клонов.

Число хромосом определяли в листовой меристеме распускающихся почек. Материал фиксировали в уксусном спирте (3:1) с предварительной обработкой 0.002 М раствором 8-оксихинолина при температуре 10–14 °С в течение 3 ч. Окрасивание проводилось ацетогематоксилином. Просматривали микропрепараты на микроскопе Микмед 6. Микрофото съемку проводили с использованием цифровой камеры окуляра DCM500 (USB 2.0; WEBBERS MYscope 500 M) при увеличении  $40 \times 1.5 \times 10$  и  $100 \times 1.5 \times 10$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сохранность растений в целом в 28-летнем возрасте была выше у триплоидных гибридов (в среднем 56.3 %) тополя белого по сравнению с диплоидными (42.6 %) и варьировала в зависимости от генотипа исходного дерева от 0 до 100 % (рис. 1). У триплоидов полностью выпал только один клон из 12 (8.3 %), тогда как у диплоидов – 4 клона из 9 (44.0 %).

Наибольшая гибель растений трудноукореняемого тополя белого наблюдалась в первые 3 года после высадки черенковых саженцев в питомник, что может быть связано с недостаточно хорошо развитой корневой системой у растений, полученных обычным черенкованием. После аномально жаркого и сухого 2010 г. растения не пострадали. У т. бальзамического, т. черного и межсекционных гибридов (дельтовидный × бальзамический) динамика сохранности была иной, чем у т. белого (рис. 2).

Основная гибель растений наблюдалась после засухи 2010 г. при их 100 % сохранности до нее (до 26-летнего возраста). Особенно сильно от засухи пострадал клон тополя бальзамического (сохранность 40 %), в меньшей степени – клоны тополя Робуста-236 (сохранность 60 %) и тополя эс-38 (сохранность 86.7 %). Клоны двух анализируемых аллотриплоидных гибридов не пострадали от засухи (сохранность 100 %), за исключением появления у них отдельных засохших побегов.

Известно, что тополь бальзамический зимостойкий, но не засухоустойчивый. Более засухоустойчивы черные тополя, тополя белые и сереющие. Скрещивание между тополем дельтовидным (черным) и бальзамическим проводят с целью сочетания у гибридов зимостойкости бальзамических и засухоустойчивости черных тополей. Полученные Е. М. Гуляевой аллотриплоидные гибриды № 1 и 2, по-видимому, не

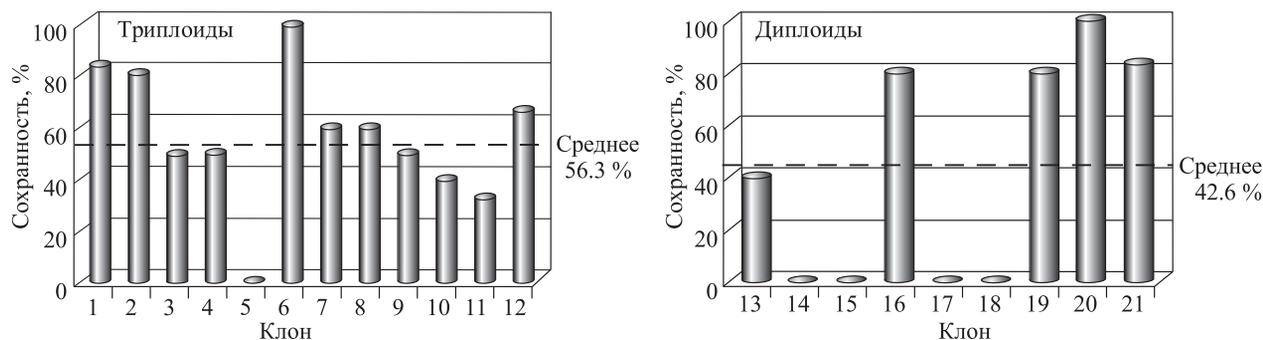
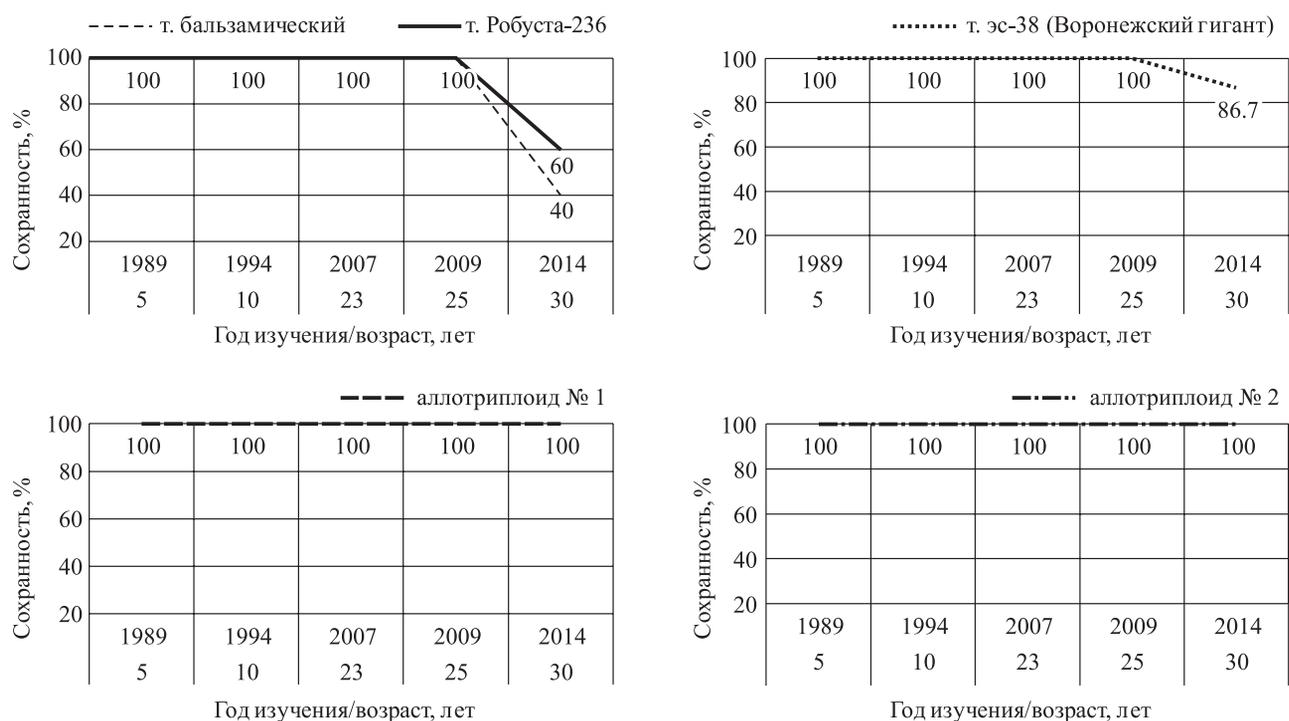


Рис. 1. Сохранность клонов разноплоидных гибридов тополя белого в возрасте 28 лет.



**Рис. 2.** Динамика сохранности клонов тополя бальзамического, т. черного и аллотриплоидных гибридов т. дельтовидный × т. бальзамический.

только унаследовали более высокую засухоустойчивость черных тополей, но и превзошли их по данному признаку.

На протяжении первых 25 лет испытания все 3 межсекционных триплоидных гибрида (дельтовидный × бальзамический) занимали промежуточное положение между т. бальзамическим и т. Робуста-236 по росту в высоту, диаметру, объему ствола и запасу древесины на 1 га (рис. 3). Существенно превосходя по указанным показателям тополь бальзамический, все триплоидные клоны уступали по продуктивности стандартному сорту Робуста-236. Снижение же сохранности клона Робуста (до 60 %) после засухи 2010 г. привело к снижению запаса древесины на 1 га, хотя объемы стволов у них с возрастом увеличивались. Снижение запаса древесины у черных тополей, связанное со снижением их сохранности после суровой зимы 1978/79 г., отмечается А. П. Царевым и др. (2010).

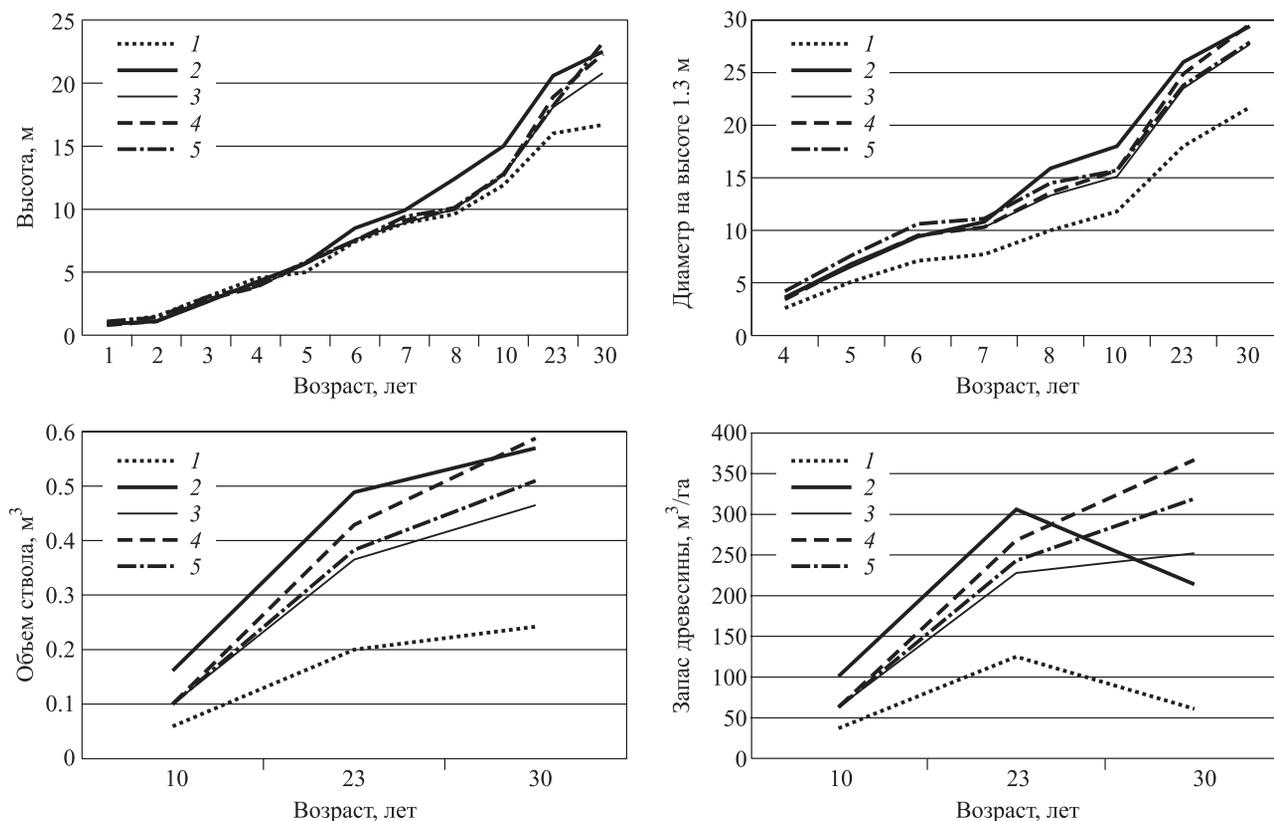
По мнению А. П. Царева и др. (2010), нижним пределом возраста рубки тополевых насаждений можно считать 26–28 лет. Это так называемый возраст «количественной спелости», когда общий средний прирост по запасу стволовой древесины достигает максимума.

В возрасте 30 лет наиболее высокой продуктивностью в условиях проведенного экс-

перимента характеризовались аллотриплоиды тополя № 1 и 2. Их средняя высота составила 22–23 м, диаметр – 28–30 см, объем стволов – 0.51–0.59 м<sup>3</sup>, расчетный запас древесины – 319–367 м<sup>3</sup>/га (табл. 1, рис. 4). Таким образом, аллотриплоиды № 1 и 2 не уступают (а по объему ствола и запасу древесины превышают) всемирно известному гетерозисному тополю Воронежский гигант. Их можно рекомендовать для защитного лесоразведения в условиях Центральной лесостепи.

Не выявлено статистически достоверных различий по росту между группами ди- и триплоидных гибридов тополя белого (рис. 5).

В обеих группах отмечен полиморфизм клонов по росту в высоту и по диаметру. Отобрано 4 быстрорастущих, продуктивных и устойчивых к засухе гибрида (диплоидные – 184/82 и 136/82, триплоидные – 65/81 и 143/82), представляющих интерес для создания плантаций целевого назначения. В возрасте 28 лет (нижний предел возраста рубки) средняя высота деревьев в этой перспективной группе составила 21–23 м, средний диаметр на высоте 1.3 м – 37–46 см, объем стволов – 0.96–1.42 м<sup>3</sup>, расчетный запас древесины на 1 га при размещении деревьев 4 × 4 м и сохранности 80–84 % – 492–737 м<sup>3</sup>/га, что существенно выше показателей остальных изученных нами клонов тополя белого и приве-



**Рис. 3.** Динамика роста (по высоте и диаметру), объема стволов и расчетных запасов стволовой древесины у клонов тополя бальзамического, т. черного и аллотриплоидных гибридов (т. дельтовидный × т. бальзамический): 1 – т. бальзамический; 2 – т. Робуста-236; 3 – т. Воронежский гигант; 4 – аллотриплоид № 1; 5 – аллотриплоид № 2.

денных в литературе для культур того же возраста (табл. 2).

Так, по данным Н. С. Русина и др. (2010), средний объем стволов в возрасте 30 лет у перспективной группы гибридов настоящих тополей в условиях Центральной лесостепи составляет 0.7–1.3 м³, запас на 1 га при размещении 4 × 5 м – 460–600 м³.

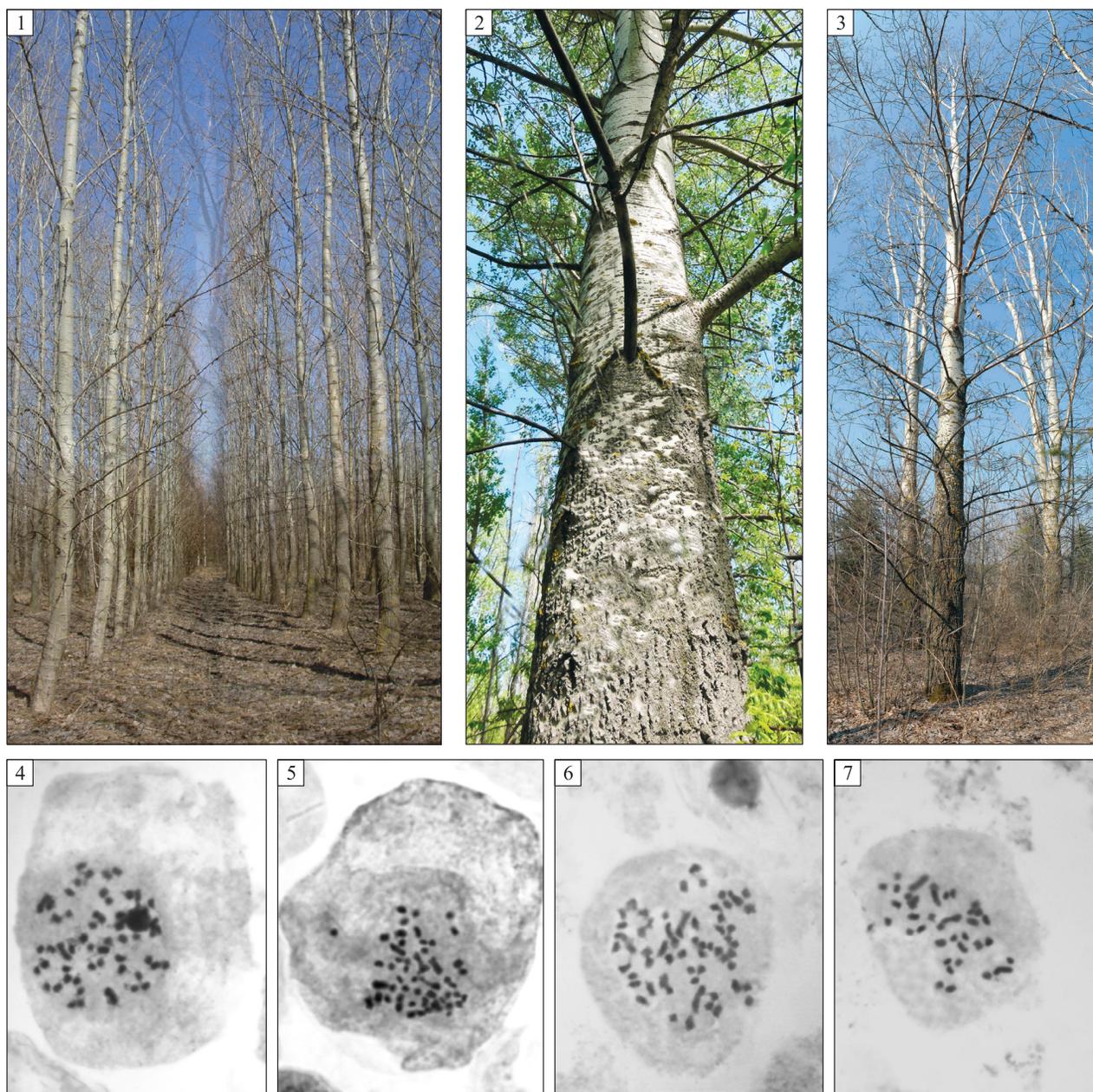
Отселектированные гибриды тополя белого превосходили остальные и по показателям качества древесины (плотности, длине и диаметру древесинного волокна) (Вариводина и др., 2015).

Но почему же не все искусственно полученные триплоиды оказались быстрорастущими и

продуктивными? По нашему мнению, спонтанные триплоиды, прошедшие «сито» естественного отбора и обладающие сбалансированной генетической системой, часто представляют собой готовые к практическому использованию продуктивные и устойчивые формы. Селекционер отбирает в природе лучшие экземпляры, среди которых и находит триплоиды (гигантские исполинские формы). Однако далеко не все триплоидные гибриды характеризуются эффектом гетерозиса, о чем свидетельствуют и наши данные. Одна из возможных причин, по нашему мнению, заключается в различной степени гетерозиготности образующихся диплоидных (2n) гамет.

**Таблица 1.** Сохранность, показатели роста и продуктивности клонов тополя бальзамического, т. черного и аллотриплоидных гибридов в возрасте 30 лет

Клон тополя	Сохранность, %	Высота, м	Диаметр на высоте 1.3 м, см	Объем ствола, м³	Расчетный запас древесины, м³/га
Бальзамический	40.0	16.0 ± 0.4	21.7 ± 0.7	0.242	61
Робуста-236	60.0	22.5 ± 0.3	29.4 ± 0.9	0.570	214
Воронежский гигант	86.7	20.8 ± 0.6	27.7 ± 0.7	0.465	252
Аллотриплоид № 1	100.0	22.3 ± 0.3	29.6 ± 0.7	0.588	367
» № 2	100.0	23.2 ± 0.4	27.9 ± 0.7	0.510	319

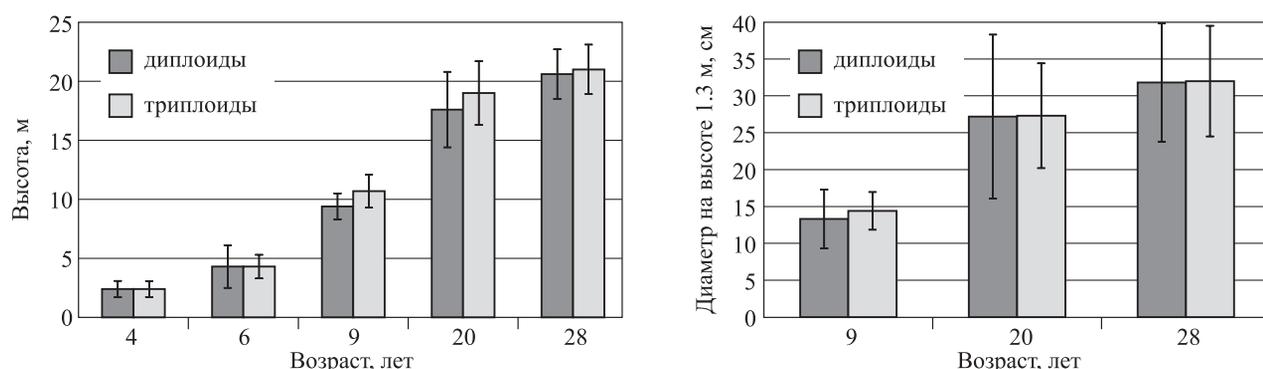


**Рис. 4.** Перспективные разноплоидные гибриды тополя в возрасте 28 (2, 3) и 30 (1) лет и их метафазные пластинки с триплоидным  $2n = 3x = 57$  (4–6) и диплоидным  $2n = 2x = 38$  (7) набором хромосом. 1 – аллотриплоидные гибриды № 1 (слева) и № 2 (справа) тополя дельтовидный × бальзамический; 2 – аутотриплоидный гибрид № 65/81 тополя белого; 3 – диплоидный гибрид № 184/82 тополя белого.

Ранее нами разработан способ получения диплоидной пыльцы у тополя с помощью повышенной температуры, позволяющий получать ее в массовом количестве (до 94 %) (Машкина и др., 1989). Такое высокое содержание нередуцированной  $2n$  пыльцы в смеси с нормальной гаплоидной пыльцой дало возможность направленно синтезировать триплоидные гибриды (90 % – 25 гибридов из 28 изученных). Повышенная температура (+38...+40 °C) выбрана нами не случайно, так как мейоз у тополя в

Воронежской области проходит ранней весной при сравнительно низких температурах (сумма эффективных температур достигает 11 град.-дней), когда колебания температуры и влажности значительны. Этим, по нашему мнению, отчасти и объясняется тот факт, что у видов рода *Populus* в природе нередко возникают диплоидные гаметы.

Ранее нами изучено влияние кратковременного воздействия (1.5–2 ч) повышенной температуры (+38...+40 °C) на разные периоды



**Рис. 5.** Средняя высота и диаметр клонов в группе ди- и триплоидных гибридов тополя белого в многолетней динамике (1990–2014 гг.).

**Таблица 2.** Сохранность, показатели роста и продуктивности перспективных клонов ди- и триплоидных гибридов тополя белого в возрасте 28 лет

Клон	Сохранность, %	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м <sup>3</sup>	Расчетный запас древесины, м <sup>3</sup> /га
Диплоиды:					
136/82	80.0	21.9	42.8	1.16	579
184/82	83.3	23.0	45.8	1.42	737
Триплоиды:					
65/81	84.2	23.2	37.1	0.96	504
143/82	81.2	20.6	39.6	0.97	492

развития мужской генеративной ткани (премейотические митозы, раннюю профазу I, мейоз I и II) у разных видов тополя (Машкина, 1992). Формирование  $2n$  гамет происходило за счет нарушений как первого, так и второго деления микроспорогенеза. Пути и частота формирования диплоидных гамет, степень их гетерозиготности существенно зависели от стадии развития генеративной ткани в момент обработки. Так,  $2n$  гаметы, возникшие на основе воссоединения двух идентичных наборов хромосом при выпадении II деления (нерасхождении хроматид в анафазе мейоза II), будут отличаться гомозиготностью. Образование же нередуцированных гамет при выпадении I деления (при полном нерасхождении хромосом в анафазе мейоза I), а также при слиянии двух неидентичных наборов в анафазе мейоза II обеспечит их высокую гетерозиготность. Массовый выход жизнеспособной диплоидной пыльцы в условиях нашего эксперимента наблюдался только при термоиндукции в период профазы I. Ее формирование было связано с отсутствием синансиса хромосом (асинапсисом) и полным выпадением I деления мейоза. В этом случае весь набор генов, включая и большую часть типов взаимодействия между ними, присутствующих родительским хромосомам, передает-

ся в продуцируемые диплоидные гаметы, что, по-видимому, приводит к их высокой степени гетерозиготности. Участие именно таких высокогетерозиготных  $2n$  гамет в гибридизации, по нашему мнению, может обеспечить гетерозисный эффект у возникающих триплоидов. Мос и Peloquin (1975) на примере картофеля подсчитали, что в среднем 75 % родительского генотипа может передаваться потомству через такие гаметы. Их участие в гибридизации позволило исследователям получить гетерозисное потомство, высокоурожайные сорта и гибриды у картофеля (Мос, Peloquin, 1975; Mendiburu, Pelloquin, 1977).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлено следующее.

1. Искусственно полученные триплоидные гибриды тополя белого проявили более высокую устойчивость к засухе (при их испытании в условиях Воронежской области) по сравнению с триплоидными гибридами тополя дельтовидный × бальзамический, особенно с диплоидным тополем бальзамическим.

2. Не выявлено статистически достоверных различий по росту между группами ди- и

триплоидных гибридов тополя белого. В обеих группах отмечен полиморфизм клонов по высоте, диаметру и объему стволов.

3. По итогам 28–30-летних испытаний отобрано 6 быстрорастущих, продуктивных и устойчивых к засухе гибридов (из них четыре триплоидных), перспективных для плантационного выращивания, создания различных типов насаждений (защитных, озеленительных, эколого-охранных и др.) в условиях Воронежской области. Несбалансированный набор хромосом у триплоидов обеспечивает их полную (или частичную у миксоплоидов) женскую стерильность.

4. Из-за трудности вегетативного размножения тополя белого получение посадочного материала для создания плантаций целевого назначения целесообразно проводить методом клонального микроразмножения. Возможность использования для этих целей биотехнологического подхода была ранее нами показана на примере трудноразмножаемых продуктивных биотипов тополя белого, т. сереющего и осины (Рекомендации..., 2005; Машкина, Табацкая, 2014).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакулин В. Т. Использование индуцированных полиплоидов тополя для гибридизации // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1986. № 6. Вып. 1. С. 3–11.
- Бакулин В. Т., Кукушкина Т. А., Высочина Г. И. Содержание биологически активных веществ в коре *Populus alba* L. // Вестн. НГУ. Сер. Биол., клиническая медицина. 2012. Т. 10. Вып. 4. С. 83–88.
- Вариводина И. Н., Машкина О. С., Вариводин В. А. Качество древесины тополя и осины улучшенных селекционных форм // Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири: мат-лы 4-го Междунар. совещ. 24–29 августа 2015 г., Барнаул. Барнаул, 2015. С. 27–28.
- Вересин М. М., Царев А. П. Аллотриплоидный тополь Воронежский гигант и его хозяйственное значение // Отдаленная гибридизация и полиплоидия в селекции растений. Воронеж: Изд-во Воронежск. гос. ун-та, 1989. С. 41–51.
- Гуляева Е. М., Машкина О. С., Бурдаева Л. М., Сиволапов А. И. Индуцированные мутации древесных растений и их селекционно-семеноводческое значение // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. Ч. II. М., 1980. С. 308–310.
- Мацкевич Н. В. Охрана редких генотипов лесных деревьев и кустарников. М.: Агропромиздат, 1987. 207 с.
- Машкина О. С. Формирование диплоидной пыльцы у тополя под действием повышенной температуры // Изв. АН СССР. 1992. № 1. С. 66–78.
- Машкина О. С., Бурдаева Л. М., Белозерова М. М., Вьюнова Л. Н. Способ получения диплоидной пыльцы древесных растений // Лесоведение. 1989. № 1. С. 19–25.
- Машкина О. С., Исаков Ю. Н. Генетико-селекционное улучшение тополя // Лесоведение. 2002. № 3. С. 68–73.
- Машкина О. С., Табацкая Т. М. Опытные плантационные культуры лиственных древесных растений, созданные на основе клонального микроразмножения // Размножение лесных растений в культуре *in vitro* как основа плантационного лесовыращивания. Йошкар-Ола: Поволжск. гос. технолог. ун-т, 2014. С. 87–93.
- Рекомендации по сохранению и воспроизводству методами биотехнологии ценных генотипов карельской березы, осины, тополя белого и сереющего / Составители: О. С. Машкина, Т. М. Табацкая. Воронеж, 2005. 29 с.
- Русин Н. С., Козьмин А. В., Русина Л. М. Сортоиспытание, селекция лесообразующих и интродуцированных пород для создания целевых плантаций, лесных культур и защитных насаждений // Достижения и проблемы лесной генетики и селекции (к 40-летию НИИЛГиС). Воронеж: Истоки, 2010. С. 212–224.
- Сиволапов А. И. Тополь сереющий: генетика, селекция, размножение. Воронеж: Изд-во Воронежск. гос. ун-та, 2005. 157 с.
- Федорова А. И., Михеева М. А. Древесные растения г. Воронежа (биоразнообразие и устойчивость). Воронеж: Изд-во Воронежск. гос. ун-та, 2008. 100 с.
- Царев А. П. Сортоведение тополя. Воронеж: Изд-во Воронежск. гос. ун-та, 1985. 152 с.
- Царев А. П., Царева Р. П., Царев В. А. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата // Информационный вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 2. С. 659–668.
- Johnsson H. The triploid progeny of the cross diploid × tetraploid *Populus tremula* // Hereditas. 1945. V. 31. N. 3–4. P. 411–440.
- Hadži-Georgiev K., Goguševski M. Dvolaznetabele mass zatopolaklona *Populus euramerican* cv. I-214 u geveliskompodručju // Topola. 1972. V. XVI. N. 90. P. 25–29.
- Lu M., Zhang P., Kang X. Induction of 2n female gametes in *Populus adenopoda* Maxim by high temperature exposure during female gametophyte development // Breed. Sci. 2013. V. 63. N. 1. P. 96–103.

- Mendiburu A. O., Peloquin S. J. The significance of 2n gametes in potato breeding // Theor. Appl. Genet. 1977. V. 49. N. 2. P. 53–61.
- Mok D. W. S., Peloquin S. J. Three mechanisms of 2n pollen formation in diploid potatoes // Can. J. Genet. Cytol. 1975. V. 17. N. 2. P. 217–225.
- Peto F. H. Cytology of poplar species and natural hybrids // Can. J. Res. 1938. V. 16. P. 445–455.
- Wang J., Kang X. Y., Li D. L., Chen H. W., Zhang P. D. Induction of diploid eggs with colchicine during embryo sac development in *Populus* // Silvae Genet. 2010. V. 59. N. 1. P. 40–48.

## TESTING OF TRIPLOID POPLAR HYBRIDS IN VORONEZH REGION

O. S. Mashkina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Voronezh State University  
Universitetskaya Ploschad', 1, Voronezh, 394006 Russian Federation

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute for Forest Genetic, Breeding and Biotechnology  
Lomonosov str., 105, Voronezh, 394087 Russian Federation

E-mail: olga\_mashkina@yahoo.com

The paper presents new data on 28-30-year-olds testing of triploid poplar hybrids ( $2n = 3x = 57$ ), obtained using in hybridization artificially obtained unreduced diploid ( $2n$ ) pollen (induced by high temperature or colchicines treatment) in Voronezh region. The growth dynamics, preservation and timber productivity of 26 triploid and diploid ( $2n = 2x = 38$ ) clones of *Populus alba* L., *P. balsamifera* L., *P. nigra* L. and intersectional hybrids (*Populus deltoides* Marsh. × *P. balsamifera* L.) were studied. It was revealed that a preservation of triploid hybrids of white poplar at 28-year-old age was higher than diploid hybrids. The greatest loss of plants of white poplar was observed during the first three years after planting of cutting seedlings in the nursery. In comparison, major loss of plants of *P. balsamifera* L., *P. nigra* L. and intersectional hybrids (*P. deltoides* Marsh. × *P. balsamifera* L.) was observed after the 2010 drought. Especially high plant mortality was observed in *P. balsamifera* clone (preservation of 40 %) and to a lesser extent in poplar «Robusta-236» (preservation of 60 %). There were no statistically significant differences in growth between groups of diploid and triploid white poplar clones. Only part of the artificially produced autotriploid hybrids (40 %) were characterized by fast growth and productivity. It is suggested that the heterosis effect in triploids associated with participation of high heterozygous  $2n$  gametes in hybridization. Such were formed on the basis of a synapsis of chromosomes and loss of the I-st meiotic division. Six best triploid and diploid poplar hybrids have been selected as promising for Voronezh region.

**Keywords:** poplar, hybrids, triploids, drought, preservation, productivity, Voronezh region.

**How to cite:** Mashkina O. S. Testing of triploid poplar hybrids in Voronezh region // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 5. P. 72–80 (in Russian with English abstract).