

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.4/6>

УДК 630\*58.01 / 631.53



## Влияние комплексного органического удобрения на прирост биомассы черенков тополя 'Э.с.–38'

Екатерина И. Трапезникова✉, [katena.trapeznikova.02@mail.ru](mailto:katena.trapeznikova.02@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-7429-9551>

Владлена С. Рыжкова, [vladlena.r11@yandex.ru](mailto:vladlena.r11@yandex.ru), <http://orcid.org/0009-0000-9727-3088>

Анна А. Попова, [logachevaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaa@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Петр М. Евлаков, [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

Валентина Т. Попова, [bot.fiz-rast@yandex.ru](mailto:bot.fiz-rast@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Тополь (род *Populus* L.) часто используются в озеленении городов благодаря своему быстрому росту и устойчивости к неблагоприятным условиям. Размножение тополей путём черенкования способствует внедрению достижений селекции. Для роста и равномерного развития черенков необходимы оптимальные условия освещения, температура, влага и состав почвенных элементов. Целью настоящей работы является изучение влияния удобрения «Органик Микс» на ростовые параметры черенков тополя сорта 'Э.с.–38'. Научная новизна данной работы заключается в проведении исследований влияния органического удобрения «Органик Микс» на ростовые параметры черенков тополя сорта 'Э.с.–38', который является перспективным сортом для лесных культур благодаря быстрому росту и устойчивости к неблагоприятным условиям среды. В отличие от предыдущих исследований по оценке влияния минеральных удобрений на рост других видов и сортов тополя, данное исследование направлено на оценку эффективности экологически чистого удобрения для ускоренного выращивания саженцев тополя 'Э.с.–38'. В ходе двухмесячного наблюдения проводились измерения морфометрических показателей (высоты, диаметра, количества листьев) у обеих групп растений, а также оценку сырой и сухой биомасс. Результаты эксперимента подтверждают эффективность внесения удобрения «Органик Микс»: в опыте прирост на 76% больше. Прирост сухой биомассы опытных растений в два раза больше контроля. Установленное положительное влияние удобрения «Органик Микс» на ростовые параметры черенков позволяет ускорить роста саженцев, что способствует повышению выхода качественного посадочного материала для целей лесоразведения.

**Ключевые слова:** тополь, черенкование, органическое удобрение, морфометрические показатели, биомасса, ростовые процессы

**Финансирование:** Исследование проводилось в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000020-6-4.1.2 «Отбор хозяйственно ценных и устойчивых к изменению климата древесных культур, отличающихся высокой биологической продуктивностью и потенциалом секвестрации углерода с учетом региональных почвенно-климатических особенностей для реализации лесоклиматических проектов (FZUR-2023-0002)».

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Влияние комплексного органического удобрения на прирост биомассы черенков тополя 'Э.с.– 38' / Е. И. Трапезникова, В. С. Рыжкова, А. А. Попова, П. М. Евлаков, В. Т. Попова // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 4 (56). – С. 85-96. – Библиогр.: с. 93-95 (22 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.4/6>.

Поступила 12.09.2024. Пересмотрена 11.11.2024. Принята 12.12.2024. Опубликовано онлайн 27.12.2024.

## The influence of complex organic fertilizer on the growth of biomass of poplar cuttings 'E.s.– 38'

**Ekaterina I. Trapeznikova**, katena.trapeznikova.02@mail.ru,  <https://orcid.org/0009-0003-7429-9551>

**Vladlena S. Ryzhkova**, vladlena.r11@yandex.ru,  <http://orcid.org/0009-0000-9727-3088>

**Anna A. Popova**, logachevaa@rambler.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

**Petr M. Evlakov**, peter.evlakov@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

**Valentina T. Popova**, bot.fiz-rast@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

<sup>1</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation*

### Abstract

The Poplars (genus *Populus* L.) have a rapid growth and resistance to abiotic stress. They often used in urban landscaping and forest planting. The poplars reproduction by cuttings promotes of breeding achievements in forest and landscape management. The optimal conditions of lighting, temperature, moisture and soil nutrients are need for growth and development of cuttings. The purpose of this article was to study the effect of the Organic Mix fertilizer on the growth parameters of cuttings of 'E.S.–38' poplar variety. The effect of organic fertilizer "Organic Mix" on the "E.S.–38" variety poplar cuttings growth parameters detected at the first time. Study conducted for perspective poplar variety for landscaping urban areas due to its resistance to adverse environmental conditions. This study is aimed at evaluating the effectiveness of this organic fertilizer for accelerated cultivation of poplar seedlings of this variety, unlike other studies that used other types of fertilizers and different varieties of poplar. The height, diameter, number of leave and biomass measured in experience and control plants during the two-month research. The results of the experiment confirmed the Organic Mix fertilizer application effectiveness: the growth increase of 76% for containerized experience plants. Experimental plants dry biomass increased of twice at compared with control plants. The positive effect of Organic Mix fertilizer on the poplar cuttings growth parameters can be used for to optimize the cultivation process which contributes to an increase of high-quality planting material amount.

**Keywords:** *poplar, cuttings, organic fertilizer, morphometric parameters, biomass, growth processes*

**Funding:** The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 1023013000020-6-4.1.2 "Selection of economically valuable and climate change-resistant tree crops, characterized by high biological productivity and carbon sequestration potential, taking into account regional soil and climatic characteristics for implementation forest climate projects (FZUR-2023-0002)".

**Acknowledgments:** The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Trapeznikova E. I., Ryzhkova V. S., Popova A. A., Evlakov P. M., Popova V. T. (2024). The influence of complex organic fertilizer on the growth of biomass of poplar cuttings 'E.s.– 38'. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 14, No. 4 (56), pp. 85-96 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.4/6>.

*Received* 12.09.2024. *Revised* 11.11.2024. *Accepted* 12.12.2024. *Published online* 27.12.2024.

### Введение

Тополь (*Populus spp.*) встречается практически повсеместно и занимает важное место в озеленении городов благодаря множеству его полезных свойств, положительно влияющих как на окружающую среду, так и на жизнь общества [21].

Тополь – это быстрорастущее дерево, характерное для умеренных климатических зон [15]. Его быстрое развитие и способность к вегетативному размножению позволяют использовать разные виды тополя (*Populus sp.*) для селекции и выращивания. В настоящее время в результате селекционной работы доступны различные виды, сорта тополей, которые выращиваются вегетативно и формируют клоновое потомство, сохраняющее быстрый рост, форму ствола, устойчивость к болезням и воздействию факторов окружающей среды [5, 8].

При озеленении городов учитывается важная особенность тополя – его способность активно поглощать вредные газообразные выбросы и эффективно осаждать пыль. Благодаря этому дерево значительно улучшает качество воздуха в городской среде, уменьшая содержание таких загрязнителей, как углекислый газ, оксиды азота и серы. Кроме того, крупные листья тополя задерживают частицы пыли, помогая очищать воздух от твердых примесей [1].

Создание оптимальной методики вегетативного размножения тополей путем черенкования для массового воспроизводства потомства с сохранением ценных генетических характеристик существенно улучшит результаты селекционной работы. Это позволит увеличить ассортимент посадочного материала и удовлетворить запросы в озеленении садов, парков и городских территорий [22].

Черенкование представляет собой один из самых действенных методов вегетативного размножения, позволяющий сохранить все сортовые характеристики родительского растения [6]. Этот метод является одним из старейших способов селекции и клонального размножения тополей, основан на способности развития придаточных корней и почек [19].

Равномерное развитие черенков требует оптимального сочетания солнечного света, тепла, пи-

тательных элементов и множества других естественных условий. Одним из ключевых факторов является плодородие почвы, которое играет ключевую роль в жизнедеятельности молодых растений [3]. Тополя относятся к числу видов деревьев, требовательных к влажности, питательным веществам и освещенности. Исследования показывают, что контроль роста на ранних стадиях развития может положительно сказаться как на выживаемости, так и на начальном росте этих растений [17].

Использование органических и неорганических удобрений способствует значительному увеличению массы побегов и корней, а также общей биомассы [18]. Известно, что применение удобрений в период активного роста тополя в питомнике оказывает позитивное воздействие. Удобрения не только поддерживают плодородие почвы, но и улучшают её физические, химические и биологические характеристики, тем самым уменьшая нагрузку на грунт. В большинстве научных работ органические и неорганические удобрения рассматриваются прежде всего как источники азота, фосфора, калия, а также как потенциальные источники микроэлементов, включая железо, цинк и бор [8].

Во многих промышленных странах синтетические удобрения в настоящее время замещаются органическими, которые не только не наносят вред растениям и человеку, но также существенно улучшают структуру почвы, изменяя её механический состав и повышая образование почвенных гидроколлоидов, поддерживают состояние почвенной микрофлоры и стимулируют рост растений [10].

Однако органическое удобрение имеет множество преимуществ благодаря сбалансированному поступлению питательных веществ, включая микроэлементы, повышенной доступности питательных веществ в почве из-за микробной активности почвы, разложению вредных элементов, улучшению структуры почвы и развитию корней, а также повышенной доступности почвенной воды [4]. Для нормального роста и развития тополя необходимы следующие питательные вещества:

1. Азот (N) – важный элемент для роста листьев и побегов. Он стимулирует рост зеленой массы растения [9].

2. Фосфор (P) – играет ключевую роль в образовании корней, цветении и формировании плодов [14].

3. Калий (K) – важен для регулирования водного баланса в растениях, повышения устойчивости к болезням и стрессам. Место и значение калия в агроэкосистеме [20].

4. Магний (Mg) – участвует в процессе фотосинтеза и формировании хлорофилла [11].

5. Кальций (Ca) – укрепляет клеточные стенки и способствует росту корней [12].

6. Железо (Fe) – необходимо для образования хлорофилла и участия в ряде биологических процессов.

7. Бор (B) – важен для образования цветов и плодов.

8. Медь (Cu) – участвует в процессах дыхания и фотосинтеза.

9. Цинк (Zn) – необходим для нормального роста и развития растений [2].

10. Молибден (Mo) – участвует в азотном обмене и способствует образованию хлорофилла [7]. Роль микроэлементов заключается в стимулировании роста и развития растений и повышении их устойчивости к неблагоприятным условиям среды [16].

Целью настоящей работы стало изучение влияния удобрения «Органик Микс» на ростовые параметры черенков тополя сорта 'Э.с.–38'.

### Материалы и методы

Объектом исследований являлся быстрорастущий межсекционный гибрид тополя 'Э.с.– 38' («Воронежский гигант»). Для черенкования побеги тополей отбирались в зимний период на коллекционно – маточной плантации АО «Питомнический комплекс Воронежской области».

В каждом варианте опыта были высажены по 30 черенков размером 23-25 сантиметров каждый. Саженьцы выращивались в 2-литровых сосудах. В эксперименте использовалось органическое удобрение для посадки саженцев Органик Микс (Organic Mix).

Состав удобрения, заявленный производителем: ферментированная мука бобовых, рыбная мука, рыбная костная мука, костная мука обезжиренная,

мука люцерны, водоросли морские микронизированные, аминокислоты, витамины.

Химический состав удобрения: N- 4%, P -6%, K -1%, Ca, Mg, S, Zn, Fe, B, Mo.

Удобрение вносили в соответствии с рекомендациями производителя. Разводили удобрение из расчёта 50 г удобрения на 10 л воды.

Работы по выращиванию контейнеризированных саженцев тополя проводились в отопляемой теплице. Туман создавался автоматической ирригационной системой, режим полива задавался и контролировался при помощи программатора Hunter PCC901 –E (США).

Влажность воздуха в теплице контролировалась при помощи психрометрического гигрометра ВИТ –2.

Для обеих групп растений поддерживались нормальные условия: температура 18-24°, влажность 80 –95 %, 16 часовое освещение.

Статистическую обработку проводили с использованием программы Statistica версии 12.6 («StatSoft, Inc.», США).

В исследовании использовался метод оценки влияния удобрения "Органик Микс" на рост саженцев тополя путем сравнения экспериментальных и контрольных групп. Для этого были отобраны две группы саженцев тополя 'Э.с.– 38'. Одна группа получала регулярную подкормку удобрением "Органик Микс" раз в 10 дней, другая группа была контрольной и не получала дополнительной подкормки.

Почва в контрольной группе была идентичной по составу почве, в которую вносили удобрение.

Исследования проводились в течение двух месяцев. На протяжении экспериментального периода измеряли морфометрические показатели (высота и диаметр стебля, количество листьев) у обеих групп растений.

На 69 день эксперимента было проведено измерение параметров биомассы.

### Результаты и обсуждение

На основании проведенных исследований были получены морфометрические показатели у экспериментальных и контрольных растений тополя (табл. 1).

Проведение эксперимента по применению удобрения «Органик Микс» для стимулирования роста саженцев тополя сорта ‘ЭС –38’ дало возможность провести ряд важных наблюдений относительно его эффективности. Исследование показало,

что использование удобрения приводит к достоверному ускорению ростовых процессов у растений, что подтверждается статистически значимыми результатами.

Таблица 1

Воздействие органического комплексного удобрения при выращивании саженцев тополя ‘Э.с.– 38’ из черенков. (n = 30, M±SEM; Voronezh, Voronezh region, 2024)

Table 1

The impact of organic complex fertilizer as a top dressing when growing poplar E.s. –38 from cuttings (n = 30, M±SEM; Voronezh, Voronezh region, 2024)

Дата   Date	Морфометрический показатель   Morphometric indicator					
	Опыт   Experiment			Контроль   Control		
	Высота, см   Height, cm	Диаметр, мм   Diameter, mm	Количество листьев   Number of leaves	Высота, см   Height, cm	Диаметр, мм   Diameter, mm	Количество листьев   Number of leaves
09.02.2024	7,36±0,191	4,97±0,094	6,20±0,139	8,59±0,187	5,31±0,11	6,1±0,15
19.02.2024	9,90±0,335	5,29±0,095	7,10±0,227	11,77±0,379	5,65±0,119	8,1±0,21
29.02.2024	14,97±0,730	5,67±0,09	9,23±0,348	15,86±0,664	5,92±0,115	9,7±0,38
11.03.2024	23,03±1,114	6,04±0,096	12,21±0,349	20,60±0,752	6,09±0,108	10,8±0,31
15.03.2024	25,71±1,319	6,17±0,109	13,21±0,445	21,07±0,797	6,19±0,104	11,2±0,34
03.04.2024	37,62±2,056	6,5±0,152	17,03±0,512	25,40±1,267	5,99±0,127	13,6±0,45
17.04.2024	45,67±2,195	6,58±0,151	16,07±0,651	29,62±1,623	6,05±0,128	14,8±0,54
Разница между первым и последним измерением   The difference between the first and last measurement	13,30±0,779*	1,61±0,588	9,84±0,512*	3,19±1,192	1,19±0,018	8,7±0,35

\*- различия статистически значимы (p<0,01) по результатам теста ANOVA.

\*- the differences are statistically significant (p<0.01) according to ANOVA test results.

Источник: собственные вычисления авторов Source: own calculations

Следует отметить, что применение удобрения не оказало существенного влияния на такие параметры как: увеличение диаметра стебля и количества листьев. Несмотря на то, что обработка саженцев «Органик Микс» способствовала ускорению их роста в высоту, поперечные размеры стеблей и

число сформированных листьев оставались практически такими же, как и у контрольных растений.

Анализ данных показал, что уже на 32 день эксперимента растения, получавшие удобрение, демонстрировали больший прирост, чем контрольные (рис. 1).

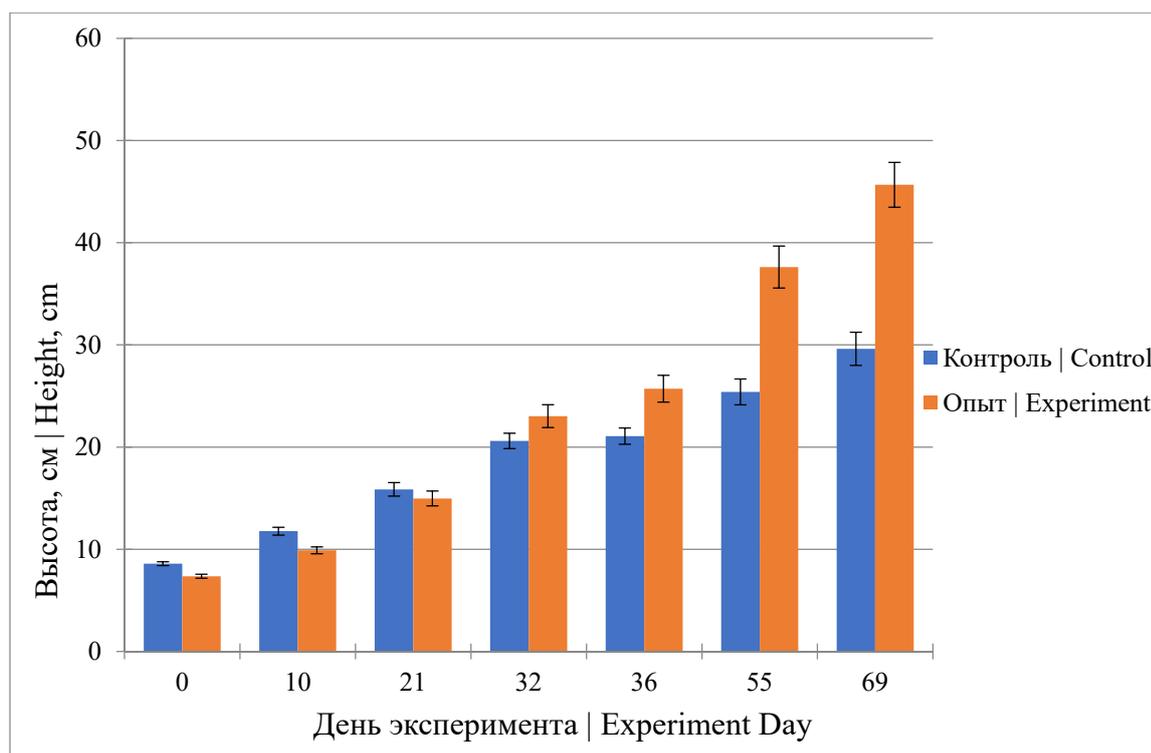


Рисунок 1. Влияние органического комплексного удобрения на рост черенков тополя ‘Э.с.– 38’ (n = 30, M±SEM; г. Воронеж, Воронежская обл., 2024 год)

Figure 1. Effect of organic complex fertilizer on the growth of ‘E.s.– 38’ poplar cuttings. (n = 30, M±SEM; Voronezh, Voronezh region, 2024)

Результаты эксперимента наглядно демонстрируют существенное преимущество использования удобрения «Органик Микс» для ускорения роста растений тополя. Прирост которых за весь период исследования составил  $13,3 \pm 0,78$  см. В то же время прирост у контрольных растений, которые не получали удобрения составил всего  $3,2 \pm 1,19$  см. Таким образом, разница в приросте составила 76%.

Эта разница показывает насколько эффективно удобрение «Органик Микс» воздействует на ростовые процессы саженцев. Стимулирующее действие удобрения проявляется в увеличении скорости деления клеток и образования новых тканей, что приводит к быстрому удлинению побега. При этом важно отметить, что такой значительный прирост

наблюдался даже несмотря на отсутствие значительных изменений в диаметре стебля и количестве листьев, что еще раз подчеркивает направленность действия удобрения преимущественно на рост в высоту. Можно предположить, что удобрение стимулирует первичный рост за счёт апикальной меристемы, но не влияет на радиальный прирост.

Помимо анализа изменения морфометрических показателей, также была проведена оценка влияния удобрения «Органик Микс» на вес сухой биомассы растений. Эта оценка представляет собой важный показатель, так как он отражает общее состояние здоровья растения и степень накопления органической массы.

Влияние органического комплексного удобрения на прирост сухой биомассы саженцев тополя ‘Э.с.– 38’  
(n = 30, M±SEM; Voronezh, Voronezh region, 2024)

Table 2.

The influence of organic complex fertilizer on the increase in dry biomass of poplar seedlings ‘E.s. – 38’  
(n = 30, M±SEM; Voronezh, Voronezh region, 2024)

Сырая масса   Raw mass			Сухая масса   Dry mass		
Масса черенка, г   Weight of cutting, g	Масса побега, г*   Shoot weight, g*	Масса листьев, г*   Leaf weight, g*	Масса черенка, г   Weight of cutting, g	Масса побега, г   Shoot weight, g*	Масса листьев, г*   Leaf weight, g*
Контроль   Control					
33,94±1,372	3,16±0,255	7,32±0,533	14,07±0,805	1,55±0,734	1,59±0,116
Опыт   Experiment					
27,85±1,038	5,61±0,478	11,82±0,782	10,26±0,459	1,5±0,15	3,43±0,982

\*-различия статистически значимы (p<0,01) по результатам теста ANOVA.

\*- the differences are statistically significant (p<0.01) according to ANOVA test results.

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculation

Сырая масса листьев опытной группы была на 36% больше, чем у контрольной. Биомасса сухих листьев у опытных растений, которые получали удобрение, составил 3,43±0,982 г, что в два раза больше, чем у контрольных растений. Вес сухих листьев контрольных растений составил лишь 1,59±0,116 г. Это свидетельствует о том, что увеличение массы листьев происходит не за счёт увеличения их оводненности.

Такая значительная разница в массе сухих листьев указывает на то, что удобрение «Органик Микс» активно стимулирует не только общий рост саженца, но и формирование зелёной массы. Листья играют ключевую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивая растение необходимыми питательными веществами. Увеличение веса сухих листьев означает, что опытные растения обладают большей площадью листовой поверхности, что потенциально увеличивает их способность к фотосинтезу и, следовательно, к синтезу органических веществ.

Наблюдалось увеличение сырой массы побега у опытных групп на 43% по сравнению с контрольной. При этом показатель сухой массы побега был одинаковым у опытных и контрольных групп. Ускорение радиального роста не отмечается, а рост

в высоту стимулируется. Это подтверждает предположение, что активность деления клеток камбия не изменяется, а рост побега идёт за счёт апикальной меристемы.

Можно предположить, что высокое содержание азота в удобрении «Органик Микс» могло способствовать увеличению прироста биомассы, тогда как другие элементы необходимые для увеличения диаметра стебля и количества листьев, например фосфор и калий, могли оказаться менее доступными.

Полученные данные позволяют сделать вывод о комплексном воздействии удобрения на развитие растений тополя Э.с.-38. Оно не только ускоряет их рост, но и оказывает положительное влияние на площадь листьев.

Тополя являются самыми быстрорастущими древесными породами умеренной зоны [5]. Это их свойство несомненно связано с длительным ростом в течение вегетационного периода от последних заморозков весной до первых заморозков осенью. В Европе один кубометр пиломатериалов можно произвести в среднем за 15 лет. По сравнению с другими деревьями, например, дубом, которым требуется более 100 лет, тополя очень быстрые. У тополей мощная корневая система, которая помогает им

эффективно использовать влагу и питательные вещества из почвы. Листья у них крупные, что способствует активному фотосинтезу и быстрому росту дерева. Тополя хорошо адаптируются к различным климатическим условиям, включая засуху и холод. Они также устойчивы к загрязнению воздуха, что делает их подходящими для посадки в городских условиях [13].

Быстрорастущие тополя могут давать ежегодный прирост древесины от 0,8 до 1,5 м в высоту и от 2 до 4 см в диаметре ствола. Эти показатели могут варьироваться в зависимости от условий выращивания, возраста дерева и вида тополя. Прирост древесины наиболее интенсивен в первые 10-15 лет жизни дерева. С возрастом темпы прироста замедляются, хотя дерево продолжает расти вплоть до конца своего жизненного цикла. Несмотря на быстрый рост, тополя имеют относительно короткий жизненный цикл – около 50–70 лет. После этого они начинают терять свою жизнеспособность и требуют замены [13].

Высокая продуктивность тополей не только характеризует их как быстрорастущие породы, но и указывает на необходимость создания для них благоприятных условий именно в первые годы их жизни [13].

Применение органических удобрений демонстрирует формирование оптимальных условий для реализации биологических особенностей роста размножаемого растения. Достигнутый эффект от внесения удобрений будет полезен при посадке лесных культур для ускорения роста растений и увеличения их продуктивности. Может быть использовано для улучшения технологии выращивания стандартного посадочного материала с закрытой корневой системой быстрорастущих древесных пород. В условиях изменения климата и необходимости снижения экологической нагрузки на экосистемы при выращивании растений, биоорганические удобрения позволяют реализовать биологический потенциал сортов и снизить нагрузку от применения минеральных удобрений на почву. Для рекомендаций по использованию органических удобрений в лесном хозяйстве требуется углубление исследования с изучением как вариантов их внесения, так и испытанием

на медленно растущих видах, либо видах, склонных к формированию шатровидных крон.

### Заключение

Проведённое исследование подтверждает ускорение роста контейнеризированных саженцев тополя сорта 'Э.с.–38' при применении удобрения «Органик Микс». Обработка растений этим удобрением привела к достоверному увеличению их длины, причём прирост опытных растений составил 13,3 см, что на 76% больше, чем у контрольных растений. Стимулирующее действие удобрения проявляется в увеличении скорости деления клеток и образования новых тканей, что приводит к быстрому удлинению побега.

Значительное увеличение сухой биомассы листьев у опытных растений свидетельствует о том, что макро- и микроэлементы применяемого удобрения стимулируют процессы фотосинтеза и накопления органических веществ.

Увеличение диаметра стебля и количества листьев не происходит. Полученные результаты предварительны и указывают на стимуляцию продольного роста черенков и увеличение площади листьев у быстрорастущего сорта 'Э.с.– 38'. Предположительно, высокий уровень азота в удобрении «Органик Микс» мог привести к увеличению прироста биомассы листьев. Результаты данного исследования следует трактовать, принимая во внимание особенности сорта (быстрота роста) и условия выращивания (в условиях питомника, закрытая корневая система).

Использование удобрения «Органик Микс» ускоряет процесс роста черенков, что позволяет сократить сроки выращивания саженцев. Это приводит к уменьшению затрат на уход за растениями. Благодаря ускоренному росту растений, обеспечивается возможность сокращения сроков выращивания стандартного посадочного материала для целей озеленения и лесоразведения. Органическое удобрение «Органик Микс» является экологически чистым, может выступать в качестве эффективной альтернативы минеральным удобрениям, не загрязняет почву и водоемы. Его использование способствует снижению нагрузки на окружающую среду.

### Список литературы

1. Гарус И.А., Рунова Е.М., Орлова Ю.В. Оценка состояния тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в зеленых насаждениях Братска Природообустройство. 2023; 4: 103-109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-topolya-balzamicheskogo-populus-balsamifera-l-v-zelenyh-nasazhdeniyah-bratska>.
2. Жаркова Н. Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю. И. Эффективность применения цинковых удобрений при выращивании лекарственных культур в условиях Западной Сибири. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020; 1(64): 77 -84. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2020.1.77>.
3. Кабанова С. А, Кабанов А.Н., Кириллов В. Ю., Данченко М.А.. Применение удобрений в лесных питомниках. Лесной вестник. 2020; 4: 52-58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-udobreniy-v-lesnyh-pitomnikah-kazahstana>.
4. Капустин В. П., Брусенков А. В. Органические удобрения и урожайность сельскохозяйственных культур. 2020; 2(38): 86-89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-i-urozhaynost-selskohozyaystvennyh-kultur>.
5. Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А., Лаур Н.В. Некоторые результаты испытания тополей в центральной лесостепи. Лесохозяйственная информация. 2023; 1: 111-120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-rezultaty-ispytaniya-topoley-v-tsentralnoy-lesostepi>.
6. Цепляев А.Н., Попова А.А., Пальцева А.В. Эффективность размножения различных сортов декоративных кустарников методом зеленого черенкования в условиях Воронежской области // Лесоводственно-биологические основы устойчивости природных и искусственных фитоценозов : матер. междунар. молодежной науч.-практ. конференции. С. 249-254. DOI: [https://doi.org/10.58168/FBFSNAP2024\\_249-254](https://doi.org/10.58168/FBFSNAP2024_249-254).
7. Ahmed N., Zhang B., Chachar Z. et al. Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability. Scientia Horticulturae. 2024; 323: 112512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>.
8. Bergante S., Barbetti R., Coaloa D., Faccioto G. Nitrogen fertilization of 'I-214' poplar trees with urea and different slow-release fertilizers: Yield, economic and environmental aspects. Biomass and Bioenergy. 2023; V. 173: 106806. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106806>.
9. Gaudinis G., Jasinskas A., Karčauskienė D., Repšienė R. The effect of liming and nitrogen application on common osier and black poplar biomass productivity and determination of biofuel quality indicators. Renewable Energy. 2020; 152: 1035-1040. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.139>.
10. Grammenou A., Petropoulos S.A., Thalassinou G. Biostimulants in the Soil-Plant Interface: Agro-environmental Implications—A Review. Earth Syst Environ. 2023; 7: 583 –600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-023-00349-x>.
11. Ishfaq M., Wang Y., Yan M. et al. Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. Front Plant Sci. 2022; 13: 802274. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>.
12. Jing T., Li J., He Y. et al. Role of calcium nutrition in plant Physiology: Advances in research and insights into acidic soil conditions - A comprehensive review. Plant Physiol Biochem. 2024; 210: 108602. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108602>.
13. Karacic A., Adler A., Weih M. et al. An Analysis of Poplar Growth and Quality Traits to Facilitate Identification of Climate-Adapted Plant Material for Sweden. Bioenerg. Res. 2021; 14: 409-425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10210-y>.
14. Khan F., Siddique A.B., Shabala S., Zhou M., Zhao C. Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. Plants (Basel). 2023; 12(15): 2861. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12152861>.

15. Komán S., Németh R., Báder M. An Overview of the Current Situation of European Poplar Cultures with a Main Focus on Hungary. *Applied Sciences*. 2023; 13(23):12922. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132312922>.
16. Mir A.R., Pichtel J., Hayat S. Copper: uptake, toxicity and tolerance in plants and management of Cu-contaminated soil. *Biometals*. 2021; 34(4): 737-759. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00306-z>.
17. Qiao R., Song Z., Chen Y. et al. Planting density effect on poplar growth traits and soil nutrient availability, and response of microbial community, assembly and function. *BMC Plant Biol.* 2024; 24(1): 1035. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05648-715>.
18. Singh G., Singh T., Singh A. Effect of Fertilization on Growth of Poplar Clones in Nursery. *International Journal of Bioresource and Stress Management*. 2019; 10 (1): 64-69. – DOI: <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2019.10.1.1928>.
19. Spinelli R., Magagnotti N., Lombardini C., Leonello E.C. The effect of cutting technique on the mortality and resprouting vigor of poplar stumps in short-rotation plantations. *Canadian Journal of Forest Research*. 2021; 51(3): 439-444. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0208>.
20. Thornburg T.E., Liu J., Li Q. et al. Potassium Deficiency Significantly Affected Plant Growth and Development as Well as microRNA-Mediated Mechanism in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Front Plant Sci*. 2020; 11: 1219. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01219>.
21. Xi B., Clothier B., Coleman M. G. et al. Irrigation management in poplar (*Populus* spp.) plantations: A review. *Forest Ecology and Management*. 2021; 494: 119330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119330> 5 5.
22. Yu Y., Meng N., Chen S. et al. Transcriptomic profiles of poplar (*Populus simonii* × *P. nigra*) cuttings during adventitious root formation. *Front Genet*. 2022; 13: 968544. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.968544>.

### References

1. Garus I.A., Runova E.M., Orlova Yu.V. Assessment of the condition of balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) in the green spaces of Bratsk Nature management. 2023; 4: 103-109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-topolya-balzamicheskogo-populus-balsamifera-l-v-zelenyh-nasazhdeniyah-bratska>.
2. Zharkova N. N., Sukhotskaya V. V., Ermokhin Yu. I. The effectiveness of zinc fertilizers in the cultivation of medicinal crops in Western Siberia. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2020; 1(64): 77 -84. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2020.1.77>.
3. Kabanova S. A., Kabanov A. N., Kirillov V. Yu., Danchenko M. A. The use of fertilizers in forest nurseries. *Forest Bulletin*. 2020; 4: 52-58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-udobreniy-v-lesnyh-pitomnikah-kazahstana>.
4. Kapustin V. P., Brusenkov A. V. Organic fertilizers and crop yields. 2020; 2(38): 86-89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-i-urozhaynost-selskohozyaystvennyh-kultur>.
5. Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Laur N.V. Some results of testing poplars in the central forest-steppe. *Forestry information*. 2023; 1: 111-120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-rezultaty-ispytaniya-topoley-v-tsentralnoy-lesostepi>.
6. Tseplyaev A.N., Popova A.A., Paltseva A.V. The efficiency of reproduction of various varieties of ornamental shrubs by the method of green cuttings in the conditions of the Voronezh region // *Forestry and biological foundations of sustainability of natural and artificial phytocenoses: materials of the international youth scientific and practical conference*: p. 249-254. DOI: [https://doi.org/10.58168/FBFSNAP2024\\_249-254](https://doi.org/10.58168/FBFSNAP2024_249-254).
7. Ahmed N., Zhang B., Chachar Z. et al. Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability. *Scientia Horticulturae*. 2024; 323: 112512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>.

8. Bergante S., Barbetti R., Coaloa D., Facciotto G. Nitrogen fertilization of 'I-214' poplar trees with urea and different slow-release fertilizers: Yield, economic and environmental aspects. *Biomass and Bioenergy*. 2023; V. 173: 106806. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106806>.
9. Gaudinis G., Jasinskas A., Karčauskienė D., Repšienė R. The effect of liming and nitrogen application on common osier and black poplar biomass productivity and determination of biofuel quality indicators. *Renewable Energy*. 2020; 152: 1035-1040. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.139>.
10. Grammenou A., Petropoulos S.A., Thalassinos G. Biostimulants in the Soil-Plant Interface: Agro-environmental Implications—A Review. *Earth Syst Environ*. 2023; 7: 583–600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-023-00349-x>.
11. Ishfaq M., Wang Y., Yan M. et al. Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. *Front Plant Sci*. 2022; 13: 802274. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>.
12. Jing T., Li J., He Y. et al. Role of calcium nutrition in plant Physiology: Advances in research and insights into acidic soil conditions - A comprehensive review. *Plant Physiol Biochem*. 2024; 210: 108602. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108602>.
13. Karacic A., Adler A., Weih M. et al. An Analysis of Poplar Growth and Quality Traits to Facilitate Identification of Climate-Adapted Plant Material for Sweden. *Bioenerg. Res*. 2021; 14: 409-425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10210-y>.
14. Khan F., Siddique A.B., Shabala S., Zhou M., Zhao C. Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. *Plants (Basel)*. 2023; 12(15): 2861. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12152861>.
15. Komán S., Németh R., Báder M. An Overview of the Current Situation of European Poplar Cultures with a Main Focus on Hungary. *Applied Sciences*. 2023; 13(23):12922. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132312922>.
16. Mir A.R, Pichtel J., Hayat S. Copper: uptake, toxicity and tolerance in plants and management of Cu-contaminated soil. *Biometals*. 2021; 34(4): 737-759. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00306-z>.
17. Qiao R., Song Z., Chen Y. et al. Planting density effect on poplar growth traits and soil nutrient availability, and response of microbial community, assembly and function. *BMC Plant Biol*. 2024; 24(1): 1035. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05648-715>.
18. Singh G., Singh T., Singh A. Effect of Fertilization on Growth of Poplar Clones in Nursery. *International Journal of Bioresource and Stress Management*. 2019; 10 (1): 64-69. – DOI: <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2019.10.1.1928>.
19. Spinelli R., Magagnotti N., Lombardini C., Leonello E.C. The effect of cutting technique on the mortality and resprouting vigor of poplar stumps in short-rotation plantations. *Canadian Journal of Forest Research*. 2021; 51(3): 439-444. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0208>.
20. Thornburg T.E., Liu J., Li Q. et al. Potassium Deficiency Significantly Affected Plant Growth and Development as Well as microRNA-Mediated Mechanism in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Front Plant Sci*. 2020; 11: 1219. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01219>.
21. Xi B., Clothier B., Coleman M. G. et al. Irrigation management in poplar (*Populus spp.*) plantations: A review. *Forest Ecology and Management*. 2021; 494: 119330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119330>
22. Yu Y., Meng N., Chen S. et al. Transcriptomic profiles of poplar (*Populus simonii* × *P. nigra*) cuttings during adventitious root formation. *Front Genet*. 2022; 13: 968544. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.968544>.

### Сведения об авторах

✉ *Трапезникова Екатерина Игоревна* – ассистент кафедры лесной генетики, биотехнологии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7429-9551>, e-mail: [katena.trapeznikova.02@mail.ru](mailto:katena.trapeznikova.02@mail.ru).

*Рыжкова Владлена Сергеевна* – младший научный сотрудник лаборатории анализа ПЦР ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-9727-3088>, e-mail: [vladlena.r11@yandex.ru](mailto:vladlena.r11@yandex.ru).

*Попова Анна Александровна* – доктор с.-х. наук, зав. кафедрой лесной генетики, биотехнологии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-00034711-5377>, e-mail: [logachevaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaa@rambler.ru).

*Евлаков Петр Михайлович* – кандидат биологических наук, зав. лабораторией анализа ПЦР дирекции НИИ ИТЛК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-2410>, e-mail: [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru).

*Попова Валентина Трофимовна* – кандидат биологических наук, зав. кафедрой Ботаники и дендрологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: [bot.fiz-rast@yandex.ru](mailto:bot.fiz-rast@yandex.ru).

### Information about the authors

✉ *Ekaterina I. Trapeznikova* – Assistant at the Department of Forest Genetics, Biotechnology and Plant Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7429-9551>, e-mail: [katena.trapeznikova.02@mail.ru](mailto:katena.trapeznikova.02@mail.ru).

*Vladlena S. Ryzhkova* – Junior Researcher of the Laboratory of PCR analysis, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-2410>, e-mail: [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru).

*Anna A. Popova* – Dr. Sci. (Agric.), Prof, Head of Department of Forest Genetics, Biotechnology and Plant Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: [logachevaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaa@rambler.ru).

*Evlakov Peter Mikhailovich* – Cand. Sci. (Biol.), Head of Laboratory PCR Analysis, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-2410>, e-mail: [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru).

*Valentina T. Popova* – Cand. Sci. (Biol.), Head of Department of Botany and dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: [bot.fiz-rast@yandex.ru](mailto:bot.fiz-rast@yandex.ru).

✉– Для контактов/Corresponding author