

УДК 582.284: 577.151.52

## ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ГРИБА *TRAMETES HIRSUTA* TH-11 НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Оксана Валентиновна Фрунзе

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»  
283092, Российская Федерация, Донецк, ул. Щорса, 46  
E-mail: hromyh82@mail.ru

Исследовали влияние прикорневой подкормки органическим удобрением, полученным в результате биоконверсии лигноуглеводного компонента пшеничной соломы, на морфометрические показатели роста некоторых видов сельскохозяйственных технических культур. Проведена оценка влияния внесения в почву культуральной жидкости гриба *T. hirsuta* Th-11 в качестве органического удобрения на длину корня и стебля, а также на накопление сырой и сухой биомассы проростков *Phacelia tanacetifolia* Benth., *Brassica napus* L. и *Brassica juncea* L. Был определен положительный эффект культуральной жидкости *T. hirsuta* Th-11 на ростовые показатели растений, который сравним с ростостимулирующим влиянием гумата натрия сходной концентрации. Выяснили, что возможность использования биоудобрений, которые получены с помощью биоконверсии растительных отходов, повышает продуктивность и плодородие почв техногенных территорий, а также стимулирует ростовые показатели сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** *T. hirsuta* Th-11; морфометрические показатели; биоконверсия; гумат натрия; культуральная жидкость.

### Введение

Создание экологически безопасных биотехнологических методов обработки, биоконверсии и утилизации растительных отходов, способствовало углублению исследований по изучению воздействия базидиальных дереворазрушающих грибов на лигнин и целлюлозу и роли их ферментов в процессе их разрушения. Полученные результаты позволили оценить значение базидиальных грибов в делигнификации и установить зависимость между эффективностью разложения лигнина, биосинтезом гуминовых кислот и особенностями их образования [1].

Биотехнологические методы получения биопрепаратов, содержащих гуминовые кислоты, основанные на активности базидиальных грибов, считаются более перспективными по сравнению с химическими методами. Они могут обеспечить экологически безопасные технологии делигнификации и снизить затраты на производство получаемых продуктов. Среди множества биопрепаратов, доступных на российском рынке, особое место занимают препараты гуминового происхождения [2, 3].

Одним из ключевых качеств гуминовых кислот для растений является их физиологическая активность. В последнее время были выявлены такие свойства гуминовых кислот, как антиоксидантная, антимутагенная и адаптогенная активность. Также уже не раз подчеркивалось разнообразие их биологической активности в зависимости от источника, состава, содержания субстрата биоконверсии и степени конденсации [4, 5].

Ферментная система играет решающую роль в регулировании роста растений. Ростстимулирующая активность гуминовых кислот связана с их влиянием на гормональный баланс проростков. Анализ литературных данных показал, что в растениях, обработанных гуминовыми веществами, отмечено значительное накопление цитокининов, при этом уровень абсцизовой кислоты не изменяется. Следует отметить, что цитокинины не только повышают стрессоустойчивость растений, но и присутствуют в самих гуминовых препаратах [6].

В связи с этим биотехнологические методы получения гуминовых веществ с заданными свойствами с помощью биоконверсии растительных отходов важны как с научной, так и с практической точки зрения.

Цель работы – изучить изменение морфометрических показателей и накопление сухой биомассы некоторых видов сельскохозяйственных технических культур в условиях прикорневого внесения в почву культуральной жидкости гриба *T. hirsuta* Th-11 в качестве органического удобрения.

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований при проведении эксперимента были использованы растения: *Phacelia tanacetifolia* Benth., *Brassica napus* L. и *Brassica juncea* L. В работе использовали штамм *T. hirsuta* Th-11, который был выделен в чистую культуру из плодовых тел, собранных в 2011 г. на пне лиственного дерева (вероятно, рода *Populus*) на территории г. Донецка и депонирован в Коллекции культур шляпочных грибов (ИБК) под номером 2429. Штамм культивировали на жидкой среде Чапека следующего состава (г/л):  $\text{NaNO}_3$  – 2,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,5,  $\text{KCl}$  – 0,5,  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,01 [9, 10]. Кислотность питательной среды доводили до значений pH 4,8 с помощью 10%-го раствора  $\text{HCl}$ . Питательную среду разливали по 50 мл в колбы Эрленмейера объемом 100 мл, вносили 1,5 г воздушно-сухой пшеничной соломы, предварительно измельченной до конечного размера частиц 0,5–0,7 см, и стерилизовали в автоклаве при 0,8 атм в течение 40 минут. Штаммы *T. hirsuta* Th-11 культивировали в течение 30 суток при температуре 32°C в статических условиях. По окончании культивирования гриба отделяли культуральную жидкость от субстратно-мицелиальной смеси путем фильтрования.

Для изучения влияния прикорневой подкормки исследованного органического удобрения на морфометрические показатели роста сельскохозяйственных технических растений использовали метод почвенных культур. Семена фацелии прораживали, учитывая их биологические особенности. Растения выращивали на протяжении 30 дней при следующих условиях: продолжительность светового – дня 14 часов, температура выращивания – 20 °C-22°C, влажность почвы – 70% от полной влагоёмкости. В каждый сосуд вносили по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм. На 5-е сут. выращивания растений (при появлении 1-го листа) проводили прикорневое внесение культуральной жидкости (КЖ), исходной питательной среды Чапека (ИС), гумат натрия (ГН) (номер государственной регистрации 247-18-669-1 изготовитель ООО «Биофит») в концентрациях 10, 15 и 20%. В качестве контрольных показателей использовались растения, произрастающие в почве без добавления ростактивирующих веществ. На 30-е сутки роста у проростков проводили измерения длины корней и стеблей, а также определяли их сырую и сухую массу гравиметрическим методом. Полученные данные обрабатывали статистически с помощью специальных компьютерных программ.

### Результаты и обсуждение

Идеи микробиологической биоконверсии растительных отходов с помощью дереворазрушающих базидиальных грибов с дальнейшим использованием продуктов биодеградации в качестве биоудобрений отмечена в работах многих отечественных ученых [6, 7, 8], при этом отработанные ферментированные субстраты могут быть использованы в качестве ростстимулирующих биодобавок.

Анализ морфометрических показателей роста проростков сельскохозяйственных технических культур показал, что при внесении в почву 10%-го раствора питательной среды (ИС), используемой для жидкофазного культивирования гриба *T. hirsuta* Th-11, мы

наблюдали достоверное увеличение длины корня проростков на 40-70% в сравнении с растениями, произрастающими на чистой почве. Возможно, это связано с тем, что среда Чапека содержит питательные макроэлементы, которые могут оказывать стимулирующее влияние на ростовые процессы растений (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Изменение морфометрических показателей проростков сельскохозяйственных технических культур в разных вариантах внесения добавок и органического удобрения**

№ варианта	Длина проростка, см					
	Корень			Стебель		
	$M \pm m$	D	D <sup>%</sup>	$M \pm m$	D	D <sup>D</sup>
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.						
контроль	2,83±0,43	-	-	8,65±1,43	-	-
10% ИС	4,8±0,12	1,97	170	9,74±0,88	1,09	113
15% ИС	3,5±0,85	0,67	124	9,32±0,79	0,67	108
20% ИС	5,68±0,72	2,85	201	9,73±0,56	1,08	112
10% ГН	7,01±0,48	4,18	248	12,44±0,32	3,79	144
15% ГН	7,05±0,63	4,22	249	11,93±1,01	3,28	138
20% ГН	5,72±0,89	2,89	202	11,92±0,82	3,27	138
10% КЖ	7,03±1,01	4,2	248	10,67±0,69	2,02	123
15% КЖ	7,18±0,75	4,35	254	11,29±0,77	2,64	131
20% КЖ	4,62±0,55	1,79	163	10,75±0,53	2,1	124
<i>Brassica napus</i> L.						
контроль	2,56±0,13	-	-	7,73±1,43	-	-
10% ИС	3,75±0,22	1,19	146	8,33±0,88	0,6	108
15% ИС	3,25±0,75	0,69	127	8,27±0,79	0,54	107
20% ИС	4,69±0,63	2,13	183	9,21±0,56	1,48	119
10% ГН	6,05±0,43	3,49	236	11,13±0,32	3,4	144
15% ГН	6,45±0,33	3,89	252	12,12±1,01	4,39	157
20% ГН	5,28±0,75	2,72	206	10,31±0,82	2,58	133
10% КЖ	6,21±0,21	3,65	243	8,13±0,69	0,4	105
15% КЖ	7,48±0,39	4,92	292	10,51±0,77	2,78	136
20% КЖ	5,25±0,21	2,69	205	9,32±0,53	1,59	121
<i>Brassica juncea</i> L.						
контроль	3,96±0,23	-	-	5,35±0,21	-	-
10% ИС	5,56±0,18	1,6	140	6,12±0,32	0,77	114
15% ИС	4,71±0,32	0,75	119	6,37±0,33	1,02	119
20% ИС	6,68±0,18	2,72	169	7,12±0,41	1,77	133
10% ГН	8,23±0,33	4,27	208	9,15±0,12	3,8	171
15% ГН	8,71±0,19	4,75	220	10,31±0,11	4,96	193
20% ГН	6,71±0,32	2,75	169	9,12±0,12	3,77	170
10% КЖ	5,71±0,05	1,75	144	8,21±0,24	2,86	153
15% КЖ	7,69±0,15	3,73	194	10,34±0,36	4,99	193
20% КЖ	7,32±0,15	3,36	185	9,75±0,37	4,4	182

Примечание: D – разница между средними; D<sup>%</sup> – % от контроля

При внесении в почву 15%-го раствора питательной среды длина корня проростков увеличилась на 19-27%, а при увеличении концентрации питательной среды в почве до 20% - длина корневой системы проростков увеличилась на 69-101%, по сравнению с контролем.

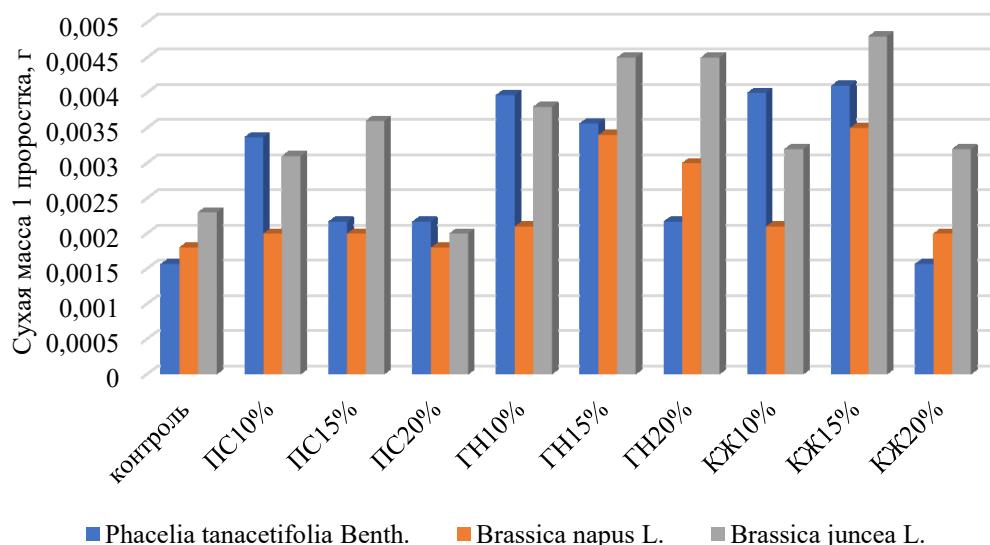
В условиях внесения в почву гумата натрия (ГН) в концентрации 10% была отмечена достоверная активация роста корня проростков всех изученных видов растений на 108-148% в сравнении с контролем. При внесении в почву 15%-го раствора гумата натрия длина корня проростков увеличилась на 120-152%. С увеличением концентрации гумата натрия до 20% показатели роста корней проростков увеличились

на 69-106%, в сравнении с контролем. Наибольший ростстимулирующий эффект был отмечен при внесении 15%-го раствора у всех проростков изученных видов растений.

В условиях внесения в почву культуральной жидкости гриба *T. hirsuta* Th-11 (КЖ) в концентрации 10% отмечалась достоверная активация ростовых процессов корня проростков всех изученных видов растений на 44-192% в сравнении с контрольными растениями. При увеличении концентрации культуральной жидкости до 15 % длина корня проростков увеличилась на 94-198%, по сравнению с растениями, выращенными в почве без добавления биоудобрений. При внесении в почву 20 %-го раствора исследованной культуральной жидкости была также отмечена достоверная активация роста корней на 63-105%. Наибольший ростстимулирующий эффект был отмечен у проростков всех изученных видов растений при внесении 15%-го раствора культуральной жидкости, особенно у проростков *B. napus*.

Исследования показали, что внесение органических удобрений оказывает стимулирующий эффект на рост надземной части проростков всех изученных видов растений. В условиях внесения в почву 10%-го раствора питательной среды длина стебля проростков сельскохозяйственных технических культур практически не отличалась от контрольных показателей. При добавлении в почву 15%-го раствора питательной длина стебля проростков достоверно увеличилась на 7-19%, а при увеличении концентрации питательной среды до 20%, дли стебля проростков была на 12-33% выше контроля. Активация ростовых процессов стебля изученных видов растений, очевидно, связана с тем, что в питательной среде Чапека содержатся макроэлементы, которые положительно влияют на рост надземной части растений.

В условиях внесения в почву 10%-го раствора гумата натрия мы прослеживали стимулирование длины стебля проростков на 44-71%, в сравнении с растениями, выращенными на почве без добавления биоудобрений. При внесении 15%-го раствора гумата натрия длина стебля проростков увеличилась на 38-93% от контроля, а при увеличении концентрации гумата натрия до 20%, ростовые показатели надземной части растений увеличились на 33-70%.



**Рис. 1 Изменение накопления сухой биомассы проростками сельскохозяйственных технических культур в разных вариантах внесения добавок и органического удобрения**

В условиях внесения в почву культуральной жидкости в концентрации 10% длина стеблей проростков всех изученных видов растений увеличилась на 5-53%, в сравнении с контрольными данными, а с увеличением концентрации культуральной

жидкости до 15% длина стеблей проростков увеличилась на 31-93%, в сравнении с контрольными растениями. При внесении в почву 20%-го раствора культуральной жидкости длина надземной части проростков увеличилась на 21-82% по сравнению с контрольными показателями. Наибольшее ростстимулирующее влияние культуральной жидкости было отмечено при внесении 15%-го раствора, особенно у проростков *B. juncea*. Исследования показали, что внесение в почву разных концентраций органического удобрения оказывает стимулирующий эффект на накопление сухой биомассы проростков сельскохозяйственных технических культур (рис. 1).

Так, во всех вариантах внесения в почву питательной среды мы наблюдали достоверное увеличение сухой массы проростков на 21-105%, в сравнении с растениями, выращенными в чистой почве. При внесении в почву 10%-го раствора гумата натрия, показатель накопления сухой массы проростков увеличился практически в 2,5 раза, в сравнении с контролем. При увеличении концентрации гумата натрия до 15-20% накопление сухой массы проростками увеличилось на 51-183%, в сравнении с контрольными растениями.

В условиях внесения в почву 10%-го раствора культуральной жидкости сухая биомасса проростков увеличилась на 23-178% в сравнении с растениями, выращенными в почве без внесения питательной среды и биоудобрений. При внесении в почву 15 %-го раствора культуральной жидкости накопление сухой массы проростками превышало контроль практически в 3 раза. И только при внесении в почву 20%-го раствора культуральной жидкости мы прослеживали ингибицию накопления сухой биомассы проростками, данный показатель практически не отличался от контрольных растений, произрастающих на почве без добавок, что позволяет нам говорить об отсутствии ингибирующего фактора культуральной жидкости.

Данные накопления сухой массы проростками в вариантах внесения в почву 10%-го и 15%-го растворов культуральной жидкости практически не отличались от экспериментальных данных накопления сухой массы проростками в условиях внесения в почву 10%-го и 15 %-го растворов гумата натрия, что показывает на стимулирующий потенциал полученного культурального фильтрата гриба *T. hirsuta* Th-11.

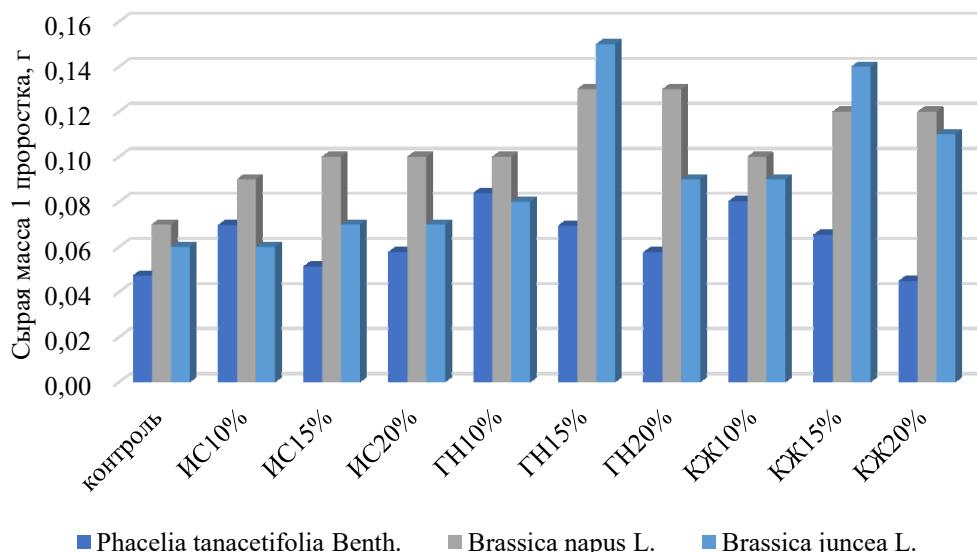


Рис. 2 Изменение накопления сырой биомассы проростками сельскохозяйственных технических культур в разных вариантах внесения добавок и органического удобрения.

Во всех вариантах внесения в почву питательной среды наблюдалось увеличение сырой массы проростков на 11-23%, в сравнении с контрольными показателями (рис. 2).

При добавлении в почву 10%-го раствора гумата натрия, сырая масса проростков увеличился практически на 28-36%, по отношению к контролю. При увеличении концентрации гумата натрия до 15-20% накопление сырой массы проростками увеличилось практически с 2,5 раза. При добавлении в почву 10%-го раствора культуральной жидкости сырая масса проростков изученных видов растений увеличилась на 32-47% в сравнении с растениями, выращенными в почве без внесения питательной среды и биоудобрений. В условиях внесения 15%-го раствора культуральной жидкости накопление сырой массы проростками превысило контрольный показатель практически в 2,5 раза у проростков *B. napus* и *B. junccea*. При внесении в почву 20%-го раствора культуральной жидкости мы прослеживали ингибирование накопления сухой биомассы у проростков *P. tanacetifolia* на 3%, но данные изменения были статистически недостоверными, что позволяет нам говорить об отсутствии ингибирующего фактора культуральной жидкости.

### **Заключение**

Таким образом, внесение в почву 10%-го и 15%-го раствора культуральной жидкости гриба *T. hirsuta* Th-11 стимулирует ростовые показатели длины корня и стебля проростков всех изученных видов сельскохозяйственных технических культур. Подобная тенденция прослеживается и в накоплении сухой и сырой биомассы проростками. Положительный эффект культуральной жидкости *T. hirsuta* Th-11 на ростовые показатели растений статистически сравним с ростостимулирующим влиянием гумата натрия сходной концентрации, что нам позволяет рекомендовать использование культуральной жидкости гриба *T. hirsuta* Th-11 для повышения продуктивности и плодородия почв техногенных территорий, а также в качестве ростстимулятора для выращивания посадочного материала для аграриев.

### **Благодарность**

*Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по теме «Биологические способы переработки растительных отходов агропромышленного комплекса» (№ госрегистрации 124012400346-5).*

### **Список литературы**

1. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. – К.: Наук. думка, 1973. – 243 с.
2. Богогородская А.В. Использование продуктов биоконверсии отходов деревообработки в качестве биоудобрений для ремедиации деградированных почв // Агрохимия. – 2021. – №2. – С. 86-93. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188121020046>
3. Володин В.В. Тенденции в развитии о способах утилизации коры и прутково-древесных отходов длительного хранения (обзорная статья) // Аграрная наука Европы-Северо-Востока. – 2022. – №23(5). – С. 611-632. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632>
4. Ильин Д.Ю. Ферментативная активность ксилотрофных базидиомицетов при твердофазном культивировании // Агрономия: Нива Поволжья. – 2012. — №2 (23). – С. 27-31
5. Концепция обращения с отходами производства и потребления в Донецкой Народной Республике. – Донецк. – 2021. – 149 с.

6. Кононов Г.Н. Миколиз древесины, его продукты и их использование. Экологические аспекты микологического разрушения древесины. // Лесной вестник. – 2020. – №24(2). – С. 81-87. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-2-81-87>
7. Линник П.Н. Методические особенности исследования гумусовых веществ в природных поверхностных водах // Химия и технология воды – 2013. – Т.35. – №6. – С. 533-550.
8. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: УИФ «Наука». – 1993. – 232 с.
9. Сафонов М.А. Комплексы дереворазрушающих базидиомицетов пойменных лесов Южного Предуралья (Оренбургская область) // Успехи современного естествознания. – 2015. – № (8). – С. 62-65.
10. Wendiro D. Identifying indigenous practices for cultivation of wild saprophytic mushrooms: responding to the need for sustainable utilization of natural resources // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. – 2019. – Р. 15-64. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0342-z>

Статья поступила в редакцию 11.08.2025 г.

**Frunze O.V. Effect of the culture fluid of *T. hirsuta* Th-11 fungus on the morphometric growth parameters of some species of agricultural industrial crops** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2025. – № 105-111.

The effect of root top dressing with an organic fertilizer obtained as a result of the bioconversion of the lignocarbon component of wheat straw on the morphometric growth parameters of some species of agricultural industrial crops was studied. The effect of applying *T. hirsuta* Th-11 fungus culture liquid to the soil as an organic fertilizer on the length of the root and stem, as well as on the accumulation of wet and dry biomass of seedlings of *Phacelia tanacetifolia* Benth., *Brassica napus* L. and *Brassica juncea* L. The positive effect of *T. hirsuta* Th-11 culture fluid on plant growth was determined, which is comparable to the growth-stimulating effect of sodium humate of a similar concentration. It was found that the possibility of using biofertilizers, which are obtained by bioconversion of plant waste, increases the productivity and fertility of soils in man-made territories, and also stimulates the growth of crops.

**Key words:** *T. hirsuta* Th-11; morphometric parameters; bioconversion; sodium humate; culture fluid