

Научная статья
УДК 606
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.072

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА ДЛЯ РОСТА И РАЗВИТИЯ МИЦЕЛИЯ В ПРАКТИКЕ ГРИБОВОДСТВА

Мария Александровна Шелоник

*Институт природопользования НАН Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь
shelonik.maria006@gmail.com*

Аннотация

Представлены сведения о влиянии соединений азота на рост и развитие мицелия базидиальных грибов. Азот, наряду с углеродом, является одним из главных компонентов который важен для их развития. В искусственно созданных условиях грибному мицелию необходимо контролировать содержание углерода, в особенности азота, поскольку это поможет оптимизировать и ускорить их развитие и соответственно преобразование мицелия в плодовые тела.

Ключевые слова:

грибы, азот, аммиак, круговорот веществ, грибоводство, мочевины

Для цитирования:

Шелоник М. А. Оценка влияния соединений азота для роста и развития мицелия в практике грибоводства // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2024. Т. 15, № 1. С. 443–447. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.072.

Original article

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF NITROGEN COMPOUNDS FOR THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF MYCELIUM IN THE PRACTICE OF MUSHROOM CULTIVATION

Mariya. A. Shelonik

*Institute of Environmental Management of the NAS of Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
shelonik.maria006@gmail.com*

Abstract

The article presents information on the effect of nitrogen compounds on the growth and development of the mycelium of basidiomycetes. Nitrogen is one of the main components along with carbon, which is important for their development. In artificially created conditions, mushroom mycelium needs to control the carbon content and, in particular, nitrogen, as this will help optimize and accelerate their development and, accordingly, the transformation of the mycelium into fruiting bodies.

Keywords:

mushrooms, nitrogen, ammonia, cycle of substances, mushroom growing, urea

For citation:

Shelonik M. A. Assessment of the influence of nitrogen compounds for the growth and development of mycelium in the practice of mushroom cultivation // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 443–447. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.072.

Введение

Успех получения высокого урожая грибов зависит от многих факторов, важнейшие из них — состав и качество приготовленного субстрата, используемого для выращивания грибов. Наличие питательных веществ непосредственно влияет на продуктивность грибного субстрата. Правильный субстрат должен содержать достаточное количество азота (например, за счёт добавления азотных добавок) и углеводов для поддержания и ускорения роста. Многие высшие грибы, будучи бесхлорофилльными организмами, в природе находятся в симбиозе с корневой системой древесных и травянистых растений, от которых они получают органические вещества (источник углерода). Неорганические (в основном азотистые и другие минеральные элементы) они могут потреблять из окружающей среды самостоятельно [1].

Условно грибы разделяют на моно- и полифагов. Первые используют ограниченный круг источников питания и живут в основном в симбиозе (облигатные паразиты, некоторые сапрофиты, такие как дрожжевые грибы), в то время как вторые обладают широким диапазоном используемых источников пищи. К ним относится большинство культивируемых сапрофитов и факультативных паразитов. Как правило, в практике грибоводства потребность грибов в питательных веществах восполняют с помощью различных минеральных добавок, которые способствуют повышению урожайности.

Результаты исследований

Для нормальной жизнедеятельности, роста и размножения грибы нуждаются в многочисленных источниках питания, среди которых основные — соединения углерода и азота [2–4]. Соединения углерода служат трём основным функциям: являются источником энергии, обеспечивают углеродом, который необходим для синтеза веществ живой клетки и входит в состав запасных веществ, некоторых ферментов и т. д. Азот, как и углерод, — важный биогенный элемент, входящий в состав всех живых организмов. Грибам азот необходим для различных клеточных процессов, включая образование клеточных оболочек, синтез белка и участие в обмене веществ [5, 6]. В мицелии грибов, по сравнению с фотосинтезирующими организмами, азота намного больше, и азотный обмен у них сильно развит, хотя по объёму затрачиваемого на него материала уступает углеродному. Азота в мицелии грибов содержится в 5–6 раз меньше углерода [2, 4]. Азот у грибов входит в состав клеточных оболочек (хитин, хитозан), в аминокислоты и белки, в витамины и часть коферментов и т. д. При этом в питательных средах приходится поддерживать соотношение C/N порядка 40/1 (например, в среде Чапека), что объясняется использованием соединений углерода в качестве источника энергии [2, 7]. Вследствие этого углерод в сравнительно небольшой степени удерживается мицелием, тогда как азот, за немногими исключениями, когда его соединения служат источниками энергии (окисление аммиака или переработка дезаминированных аминокислот), остаётся в нём целиком.

По характеру их питания азотом У. Роббинс [4] делит грибы на четыре группы, использующие:

- 1) органический азот, NH_3 , NO^{3-} , N_2 ;
- 2) органический азот, NH_3 , NO^{3-} ;
- 3) органический азот и NH_3 ;
- 4) только органические соединения азота.

Грибы, как и растения, не в состоянии связывать атмосферный азот, они могут принимать его только в форме неорганических солей или же органических азотных соединений. В то же время есть сведения, что некоторые базидиальные грибы (например, *Pleurotus* spp.) способны фиксировать молекулярный азот. Однако до сих пор не ясно, как они осуществляют этот процесс. Многими учёными была выдвинута теория о том, что грибы образуют симбиоз с diaзотрофными бактериями, которые осуществляют азотфиксацию [2, 8, 9]. В природе фиксация азота происходит главным образом за счёт действия азотфиксирующих бактерий, например, рода *Rhizobium* и *Frankia* spp., которые живут в симбиозе с высшими растениями. Например, представители рода *Frankia* являются актиномицетами, образующими клубеньки (как и *Rhizobium*) на корнях некоторых видов растений, особенно семейств Casuarinaceae, Myricaceae и т. д. [10]. Внутри этих клубеньков азотфиксирующие бактерии превращают атмосферный азот (N_2) в аммиак (NH_3), который затем используется растением-хозяином для роста [7]. В свою очередь, растение обеспечивает виды *Frankia* углеводами, вырабатываемыми в ходе фотосинтеза. Для базидиальных грибов способность фиксировать азот не выявлена, однако в исследованиях они могут это делать при выполнении двух условий: если грибы находятся в симбиозе с diaзотрофами (*Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus* spp) и если сами симбиотические бактерии, фиксирующие N_2 , находятся в биоплёнке [8]. Их способность связывать азот связана с тем, что они имеют ферменты, называемые нитратредуктазами.

Большая часть грибов способна утилизировать ион NO^{3-} как единственный источник азота. До 90 % грибов усваивают ионы NO^{3-} и NO^{2-} , к их числу, например, принадлежит *Aspergillus niger* или *Fusarium oxysporum*. Возможность не усваивать нитраты характерна для некоторых

Saprolegniaceae (исключением является *Apodachlya brachynema*), а также *Blastocladales* и некоторые высшие базидиомицеты. Из числа базидиомицетов слабо усваивают нитраты виды *Marasmius*, *Lenzites trabea*, *Pleurotus ostreatus* и ряд других грибов [1, 2].

Обычно грибы слабо усваивают нитраты и хорошо — ион аммония, к ним относятся зигомицеты, ряд базидиомицетов и дрожжи. Группа грибов, известные как сапробионные аммиачные грибы (к ним относятся базидиомицеты), хорошо адаптируются или переносят высокие концентрации аммонийного азота в нейтральных и слабощелочных условиях [1]. Понимание, что аммиак необходим микроорганизмам для поддержания жизнедеятельности, связано с его концентрацией, которая знаменует переход деятельности одной группы микроорганизмов в другую на стадии процесса ферментации субстрата [11].

Если же речь идёт об органическом азоте, то стоит отметить, что базидиомицеты, как правило, предпочитают более сложные источники азота, такие как аминокислоты, пептиды и белки, а не простые формы, как, к примеру, аммоний. Это связано с тем, что сложные источники азота обеспечивают дополнительные атомы углерода, которые необходимы для роста и развития грибов. С другой стороны, аммоний содержит только атомы азота и водорода, поэтому может не обеспечивать достаточное количество атомов углерода для оптимального роста и развития гриба.

Белки и пептиды перед усвоением расщепляются протеолитическими ферментами, аминокислоты могут усваиваться целиком. Рост грибов лучше обеспечивается смесью аминокислот, чем отдельными компонентами из их числа [2, 12].

Подбор источника азота очень важен для достижения хорошего роста мицелия в культуре. Потребность грибов в азоте в значительной мере зависит от снабжения углеродом и от других факторов. При выращивании грибов источниками азота в субстрате являются азотнокислые и аммиачные соли, органические и неорганические соединения азота. Из органических источников азота, используемых для выращивания мицелия съедобных грибов, чаще всего используются мочевина, пептон, аминокислоты, поскольку считается, что органический азот обеспечивает лучший рост мицелия по сравнению с минеральными солями. Хорошим его источником является гидролизат казеина, содержащий все важнейшие аминокислоты за исключением триптофана. Но наиболее часто в практике грибоводства используют мочевину. Мочевина — основной источник азота, содержится в конском навозе, птичьем помёте, жидком навозе сельскохозяйственных животных, наиболее часто вносится в почву в качестве удобрения.

У животных мочевина представляет собой конечный продукт распада белка, выключаемый из обмена, тогда как у грибов она имеет совсем другое значение [3, 5]. Грибы способны расщеплять мочевину с образованием углекислого газа и аммония, которые затем можно использовать для роста. Особое значение мочевина имеет в биосинтезе аминокислот аргининового цикла, входящих в состав гистонов, основных белков, играющих ведущую роль в процессах инициации, репликации хроматина и стимуляции или репрессии транскрипции рибонуклеиновых кислот. Считается, что у грибов мочевина представляет запасное вещество с функцией, аналогичной функции аспарагина и глютамина у высших зелёных растений, у последних количество аспарагина повышается в темноте при отсутствии синтеза углеводов и уменьшается, расходуясь на синтез белка и рост, при новом поступлении углеводов [2, 12]. Как источник азота можно использовать корни солодки, рыбную и костную муку, пивную дробину, отруби, семена хлопчатника и т. д.

Во время процесса культивирования для оптимального роста грибов важно контролировать такие показатели, как сбалансированное соотношение C/N. Избыток углерода по отношению к азоту может привести к замедлению роста и снижению продуктивности мицелия, в свою очередь, избыток азота по отношению к углероду может привести к быстрому вегетативному росту, но и к замедлению формирования плодовых тел. Кислотность среды также косвенно влияет на доступность и форму азота, необходимого для роста грибов [11, 12]. Например, улетучивание аммиака повышает pH субстрата, потенциально стимулируя определённые виды микроорганизмов, в то время как нитрификация, в результате которой образуется нитрат, имеет тенденцию к снижению pH субстрата и может благоприятствовать другим видам, адаптированным к более кислым условиям [5].

Заключение

Содержание и доступность азота или его форм оказывают большое влияние на рост и развитие грибов как в естественных, так и искусственно созданных условиях. Важность понимания и контроля содержания азота поможет избежать проблем в процессе выращивания, особенно на стадии получения плодовых тел.

Список источников

1. Satyanarayana T. Developments in Fungal Biology and Applied Mycology. Singapore: Springer Singapore, 2017. 605 p.
2. Беккер З. Э. Физиология и биохимия грибов. М.: Изд-во МГУ, 1988. 230 с.
3. Лазарева Г. Выращивание грибов. М., 2020. 151 с.
4. Функция соединений азота в мицелии грибов и их биосинтез / Ш. Р. Шарипов [и др.] // Молодой учёный. 2015. № 7 (87). С. 242–246.
5. Нурметов Р. Д., Девочкина Н. Л. Выращивание шампиньонов и вёшенки: руководство. М.: Россельхозакадемия, 2010. 68 с.
6. Jonathan S. G., Fasidi I. O. Effect of carbon, nitrogen and mineral sources on growth of *Psathyrella atroumbonata* (Pegler), a Nigerian edible mushroom // Food Chemistry. 2001. Vol. 72, No. 4. P. 479–483.
7. Pardo-Gimenez A., Pardo-González J. E., Cunha Zied D. Supplementation of High Nitrogen *Agaricus* Compost: Yield and Mushroom Quality // J. Agricultural Science and Technology. 2017. Vol. 19, No. 7. P. 1589–1601.
8. Goddard H. N. Can Fungi Living in Agricultural Soil Assimilate Free Nitrogen? // Botanical Gazette. 1913. Vol. 56, No. 4. P. 249–305.
9. Jayasinghearachchi H. S., Seneviratne G. Can mushrooms fix atmospheric nitrogen? // J. Bioscience. 2004. Vol. 29. P. 293–296.
10. Plant Growth-Promoting Active Metabolites from *Frankia* spp. of Actinorhizal *Casuarina* spp / N. Marappa [et al.] // Applied Biochemistry and Biotechnology. 2020. Vol. 191, No. 5. P. 1–16.
11. Микробиологические аспекты выращивания высших грибов / М. Г. Саубенова [и др.] // Микробиология және вирусология. 2021. Т. 3, № 34. С. 1–10.
12. Dias E. S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth // Cienica e Agrotecnologia. 2010. No. 34 (4). P. 1–7.

References

1. Satyanarayana T., Deshmukh S. K., Johri B. N. Developments in Fungal Biology and Applied Mycology. Singapore, Springer Singapore, 2017, 605 p.
2. Becker Z. E. *Fiziologiya i biohimiya gribov* [Physiology and biochemistry of mushrooms]. Moscow, Moscow University, 1988, 230 p.
3. Lazareva G. *Vyrashchivanie gribov* [Growing mushrooms]. Moscow, 2020, 151 p.
4. Sharipov Sh. R., Saparov A. A., Umarov Sh. I., Olimjon A. S., Shukrullaevich R. A. Funkciya soedinenij azota v micelii gribov i ih biosintez [Function of nitrogen compounds in fungal mycelium and their biosynthesis]. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2015, Vol. 7, No. 87, pp. 242–246. (In Russ.).
5. Nurmetov R. D., Devochkina N. L. *Vyrashchivanie shampin'onov i vyoshenki: rukovodstvo* [Growing champignons and oyster mushrooms: a guide]. Moscow, Rossel'hozakademiya, 2010, 68 p.
6. Jonathan S. G., Fasidi I. O. Effect of carbon, nitrogen and mineral sources on growth of *Psathyrella atroumbonata* (Pegler), a Nigerian edible mushroom. Food Chemistry, 2001, Vol. 72, No. 4, pp. 479–483.
7. Pardo-Gimenez A., Pardo-González J. E., Cunha Zied D. Supplementation of High Nitrogen *Agaricus* Compost: Yield and Mushroom Quality. Journal of Agricultural Science and Technology, 2017, Vol. 19, No. 7, pp. 1589–1601.
8. Goddard H. N. Can Fungi Living in Agricultural Soil Assimilate Free Nitrogen? Botanical Gazette, 1913, Vol. 56, No. 4, pp. 249–305.

9. Jayasinghearachchi H. S., Seneviratne G. Can mushrooms fix atmospheric nitrogen? *Journal Bioscience*, 2004, Vol. 29, pp. 293–296.
10. Marappa N., Ramachandran L., Dharumadurai D., Nooruddin T. Plant Growth-Promoting Active Metabolites from *Frankia* spp. of Actinorhizal *Casuarina* spp. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2020, Vol. 191, No. 5, pp. 1–16.
11. Saubenova M., Oleynikova E., Ermekbay Zh. N., Aitzhanova A., Bokenov D. D. Mikrobiologicheskie aspekty vyrashchivaniya vysshih gribov [Microbiological aspects of growing higher mushrooms]. *Mikrobiologiya zhane virusologiya* [Microbiology and virology], 2021, Vol. 3, No. 34, pp. 1–10. (In Russ.).
12. Dias E. S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. *Cienica e Agrotecnologia*, 2010, No. 34 (4), pp. 1–7.

Информация об авторе

М. А. Шелоник — младший научный сотрудник.

Information about the author

M. A. Shelonik — Junior Researcher.

Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 12.04.2024.
The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 12.04.2024.