

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА ТАУНИТ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ

С. Е. Синютина¹, А. Г. Шубина¹, А. А. Гусев²,
Р. А. Шубин³, С. В. Абрамова³

Кафедра «Биохимия и фармакология» (1); Лаборатория медицинской экологии и нанотоксикологии НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» (2), ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»; кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (3), ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; Sinjutina_s_e@mail.ru

Ключевые слова: антиоксидантная система; горох; Таунит; каротиноиды; каталаза; пероксидаза; полифенолоксидаза; хлорофилл; эспарцет.

Аннотация: Рассмотрено влияние наноматериала Таунит на биохимические показатели растений эспарцета и гороха (активность полифенолоксидазы, каталазы, пероксидазы) и оценено содержание Таунита в растениях. В ходе проведения экспериментов выявлено, что исследуемые культуры растений удовлетворительно реагируют на присутствие в культивационной среде малых концентраций наноматериала, что делает возможным его безопасное использование, в том числе в качестве добавки к питательной среде при выращивании указанных культур.

Антропогенная нагрузка – попадание или внесение в почву различных веществ либо их смесей – может оказать как негативное, так и положительное воздействие на растения. Ответ растительного организма проявляется в изменении содержания фотосинтетических пигментов и активности антиоксидантной системы (каталаза (КФ 1.11.1.6), пероксидаза (КФ 1.11.1.7)) и полифенолоксидазы (КФ 1.10.3.1) [1 – 7]. Эти показатели рассматривались для решения вопроса о безопасном использовании наноматериала Таунит [8], а также возможности его применения в качестве добавки к питательной среде для выращивания растений на примере эспарцета и гороха.

Методика эксперимента. Эспарцет и горох с периодом вегетации 14 дней культивировались на питательной среде, содержащей 0,00001; 0,0001; 0,001; 0,01 и 0,1 % Таунита.

Активность исследуемых ферментов антиоксидантной системы и содержание хлорофилла и каротиноидов в растениях эспарцета и гороха определяли согласно [9, 10].

Экспериментальные результаты и их обсуждение. Однозначно четкой зависимости между присутствием Таунита в культивационной среде, его концентрациями и активностью фермента полифенолоксидазы эспарцета выявлено не было (рис. 1, а). Внесение 0,00001 % Таунита в среду приводит к снижению активности каталазы (см. рис. 1, б). Это позволяет предположить, что растения в присутствии данной концентрации Таунита находятся в более благоприятных

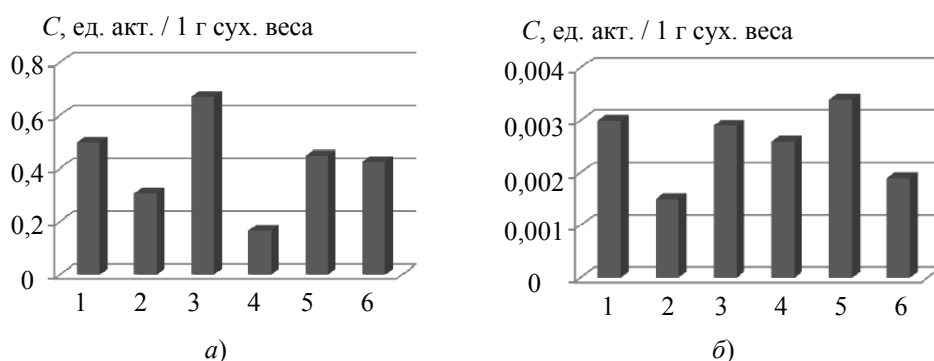


Рис. 1. Зависимости активностей полифенолоксидазы эспарцета (а) и каталазы эспарцета (б) от концентрации Таунита, %:
 1 – 0; 2 – 0,00001; 3 – 0,0001; 4 – 0,001; 5 – 0,01; 6 – 0,1

условиях. В диапазоне концентраций добавки 0,0001...0,001 % активность каталазы практически не изменяется, однако увеличение концентрации таунита до 0,1 % несколько снижает активность фермента.

Активность пероксидазы контрольной группы растений эспарцета мала. При концентрациях Таунита 0,0001...0,001 % активность фермента существенно увеличивается, тогда как в присутствии 0,1 % Таунита падает практически до 0 (рис. 2). В целом, картина аналогична наблюдаемой для каталазы.

Зависимость концентрации пигментов от доли Таунита в культивационной среде для эспарцета не является однозначной (рис. 3). Оптимальным содержанием Таунита можно считать 0,00001 %, поскольку в этом случае концентрация хлорофилла а, b и каротиноидов максимальна и превышает

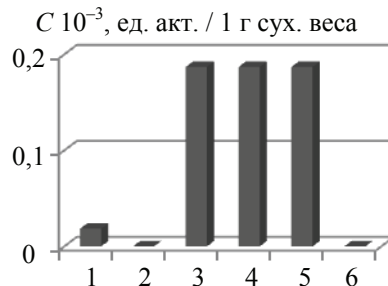


Рис. 2. Зависимость активности пероксидазы эспарцета от концентрации таунита, %:
 1 – 0; 2 – 0,00001; 3 – 0,0001; 4 – 0,001; 5 – 0,01; 6 – 0,1

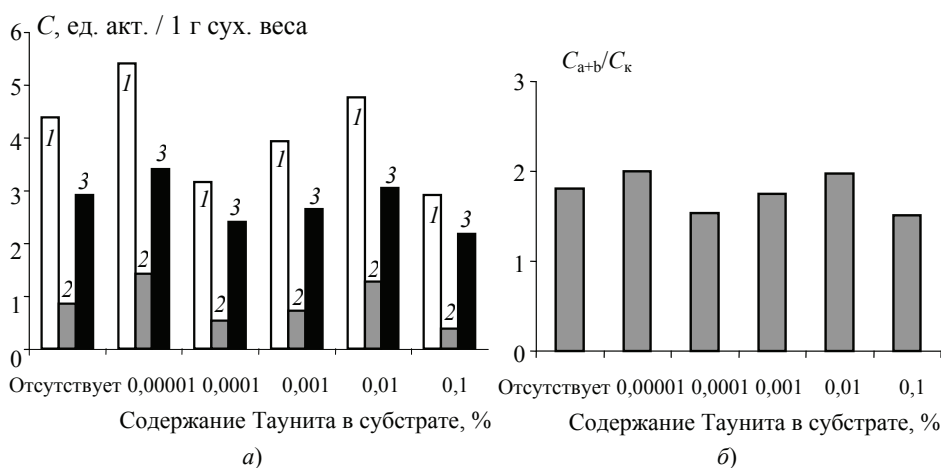


Рис. 3. Содержание хлорофилла а (1), b (2), каротиноидов (3) (а) и отношение C_{a+b}/C_k (б) в растениях эспарцета

таковую у группы контрольных растений (см. рис. 3, а) и отношение C_{a+b}/C_k при этом также не уменьшается (см. рис. 3, б): 2,0046 (0,00001 % Таунита в субстрате) > 1,8056 (Таунит в субстрате отсутствует).

Сопоставление активностей ферментов антиоксидантной системы и концентрации пигментов в растениях эспарцета показывает, что оптимальной долей Таунита в питательной среде является 0,00001 %. При доле Таунита в культивационной среде от 0,0001 до 0,01 % реакция растений на стресс обеспечивается за счет увеличения активности ферментов пероксидазы, каталазы, и, отчасти, полифенолоксидазы. Присутствие в субстрате 0,1 % Таунита ингибирует активность рассматриваемых ферментов.

При исследовании влияния добавок Таунита на активность ферментов антиоксидантной системы растений гороха установлено, что внесение Таунита в культивационную среду в малых количествах (0,00001...0,0001 %) снижает активность фермента полифенолоксидазы гороха практически вдвое (рис. 4). В присутствии 0,01 % Таунита активность полифенолоксидазы возрастает, при концентрации 0,1 % – увеличивается. По-видимому, можно говорить о положительных эффектах низких концентраций Таунита, тогда как максимальная концентрация добавки приводит к подавлению активности полифенолоксидазы.

Активность каталазы гороха в целом возрастает при внесении в среду Таунита (рис. 5, а). Минимальная активность наблюдается при концентрации Таунита в среде 0,001 %. Более высокие концентрации Таунита оказывают токсическое действие на растения гороха.

Напротив, активность фермента пероксидазы гороха в присутствии таунита увеличивается (рис. 5, б). Фермент наиболее активен при минимальной и максимальной из исследованных концентраций Таунита. Оптимальной с этой точки зрения можно признать концентрацию Таунита 0,0001 %, при которой активность пероксидазы гороха минимальна.

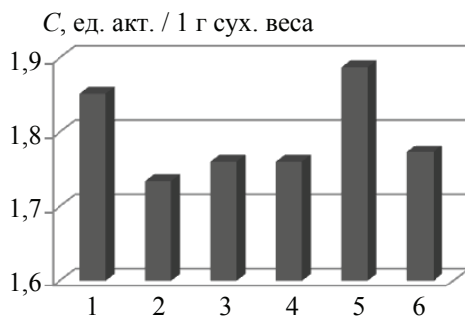


Рис. 4. Зависимость активности полифенолоксидазы гороха от концентрации Таунита, %:
 1 – 0; 2 – 0,00001; 3 – 0,0001;
 4 – 0,001; 5 – 0,01; 6 – 0,1

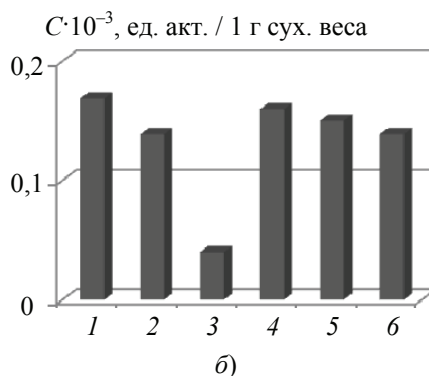
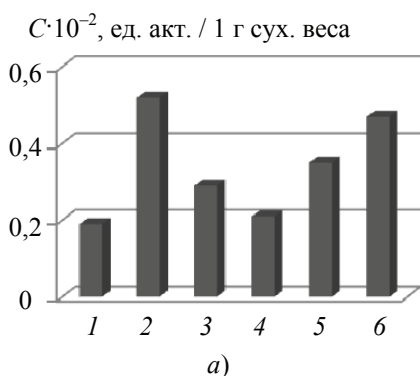


Рис. 5. Зависимости активностей каталазы гороха (а) и пероксидазы гороха (б) от концентрации таунита, %:
 1 – 0; 2 – 0,00001; 3 – 0,0001; 4 – 0,001; 5 – 0,01; 6 – 0,1

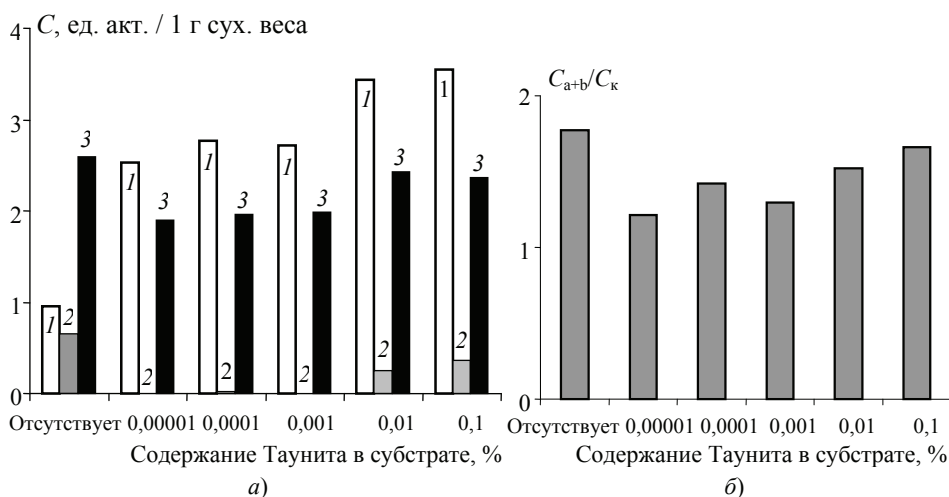


Рис. 6. Содержание хлорофилла а (1), в (2), каротиноидов (3) (а) и отношение C_{a+b}/C_k (б) в растениях гороха

Возрастание доли Таунита в питательной среде вызывает увеличение концентрации пигментов в растениях гороха, причем максимальное содержание пигментов достигается при 0,1 % доли Таунита (рис. 6, а). При этой концентрации отношение суммы хлорофиллов а и в к каротиноидам максимально и приближается к таковому для группы контроля (см. рис. 6, б).

За счет активности ферментов не удается скомпенсировать воздействие компонентов Таунита на метаболизм растений гороха, однако достаточно высокая концентрация пигментов в присутствии 0,1 % исследуемой добавки, близкая к таковой к растениям контрольной группы, свидетельствует об удовлетворительной адаптации гороха за счет низкомолекулярных антиоксидантов, в том числе каротиноидов.

Выявлено, что исследуемые виды растений удовлетворительно реагируют на присутствие в культивационной среде малых концентраций наноматериала Таунит, что делает возможным его безопасное использование, в том числе в качестве добавки к питательной среде при выращивании указанных культур.

Список литературы

1. Федулов, Ю. П. Содержание и соотношение хлорофиллов в листьях озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов ее выращивания / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин // Науч. журн. КубГАУ. – 2009. – № 51. – С. 240 – 253.
2. Рачковская, М. М. Изменение активности некоторых оксидаз как показатель адаптации растений к условиям промышленного загрязнения / М. М. Рачковская, Л. О. Ким. – Новосибирск : Наука, 1980. – С. 117 – 126.
3. Шубина, А. Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуваника лекарственного (*Taraxacum Officinale*) и березы повислой (*Betula Pendula Roth*), растущих в г. Тамбове / А. Г. Шубина // Вест. Тамб. университета. Сер.: Естеств. и техн. науки. – 2011. – Т. 16, № 1. – С. 353 – 355.
4. Синютина, С. Е. Активность полифенолоксидазы в хвое ели голубой (*Picea Pungens*) и картофеле (*Solanum Tuberosum*) как фиотиндикационный маркер состояния окружающей среды / С. Е. Синютина, А. Г. Шубина, Е. Д. Попова (Бирюкова) // Вест. Тамб. университета. Сер.: Естеств. и техн. науки. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 347 – 348.

5. Синютина, С. Е. Влияние солей свинца и никеля на ферментативную активность ячменя / С. Е. Синютина, А. В. Можаров, М. А. Зайченко // Вест. Тамб. университета. Сер.: Естеств. и техн. науки. – 2013. – Т. 18, № 1. – С. 255 – 257.
6. Синютина, С. Е. Влияние металлургического шлама на биохимические показатели растений кукурузы / С. Е. Синютина, А. Г. Шубина, А. А. Гусев // Актуальные вопросы развития науки : сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2014. – С. 131 – 132.
7. К вопросу применения утилизированного металлургического шлама в качестве удобрения / А. Г. Шубина [и др.] // Вест. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 470 – 474.
8. Углеродные наноматериалы «Таунит»: исследование, производство, применение / А. Г. Ткачев [и др.] // Нанотехника. – 2006. – № 2 (6). – С. 17 – 21.
9. Чупахина, Г. Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений : практикум / Г. Н. Чупахина. – Калининград : Изд-во Калинингр. университета, 2000. – 59 с.
10. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений / под ред. О. А. Павлиновой. – М. : Наука, 1971. – С. 154 – 170.

The Influence of Carbon Nanomaterial Taunit on Biochemical Indicators of Plants

S. E. Sinyutina¹, A. G. Shubina¹, A. A. Gusev²,
R. A. Shubin³, S. V. Abramova³

*Department of Biochemistry and Pharmacology (1); Sinjutina_s_e@mail.ru;
Medical Ecology Laboratory and Nanotoxicology
Research Center Nanotechnologies and Nanomaterials (2)
Derzhavin Tambov State University;
Department of Technological Processes, Devices
and Technosphere Safety (3), TSTU*

Keywords: antioxidant system; carotenoids; catalase; chlorophyll; peas; peroxidase; polyphenol oxidase; sainfoin; Taunit.

Abstract: The paper studies the effect of nanomaterial Taunit on biochemical indicators of sainfoins and peas (activity of polyphenol oxidase, catalase, peroxidase) and estimates Taunit content in plants. During the experiments, it was found that the tested plants respond satisfactorily to the presence of small concentrations of nanomaterial in the growing medium, which makes it possible to use as an additive to the growing medium during growth of the plants.

References

1. Fedulov Yu.P. [The content and ratio of chlorophylls in leaves of the winter wheat depending on agrotechnical methods of its cultivation], *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2009, no. 51, pp. 240-253. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Rachkovskaya M.M., Kim L.O. *Izmenenie aktivnosti nekotorykh oksidaz kak pokazatel' adaptatsii rastenii k usloviyam promyshlennogo zagryazneniya* [Changes in the activity of some oxidases as an indicator of plant adaptation to the conditions of industrial pollution], Novosibirsk: Nauka, 1980, pp. 117-126. (In Russ.)

3. Shubina A.G. [Maintenance of chlorophyll and carotenoids in leaves of dandelion medicinal (*taraxacum officinale*) and birches (*betula pendula* roth), growing in tambov], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences], 2011, vol. 16, no. 1, pp. 353-355. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Sinyutina S.E., Shubina A.G., Popova (Biryukova) E. D. [Olyphenoloxidase activity in needles of furtree blue (*picea pungens*) and potato (*solanum tuberosum*) as phytoindication marker of environment state], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences], 2012, vol. 17, no. 1, pp. 347-348. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Sinyutina S.E., Mozharov A.V., Zaichenko M.A. [Influence of lead and nickel salts on enzymatic activity of barley], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences], 2013, vol. 18, no. 1, pp. 255-257. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Sinyutina S.E., Shubina A.G., Gusev A.A. [Effect of metallurgical slag on biochemical indices of maize plants] *Aktual'nye voprosy razvitiya nauki* [Topical issues of the development of science], Digest of articles International All-Russian Scientific and Practical Conference, Ufa: RITs BashGU, 2014, pp. 131-132. (In Russ.)

7. Shubina A.G., Sinyutina S.E., Gusev A.A., Shubin R.A., Abramova S.V. *K voprosu primeneniya utilizirovannogo metallurgicheskogo shlama v kachestve udobreniya* [Application of Disposed Metal Cuttings as Fertilizers], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 3, pp. 470-474. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Tkachev A. G., Mishchenko S.V., Artemov V.N., Blinov S.V., Negrov V.L., Memetov N.R., Turlakov D.A. [Carbon nanomaterials "Taunit": research, production, application], *Nanotekhnika* [Nanotechnics], 2006, no. 2 (6), pp. 17-21. (In Russ.)

9. Chupakhina G.N. *Fiziologicheskie i biokhimicheskie metody analiza rastenii: Praktikum* [Physiological and biochemical methods of plant analysis: Workshop], Kaliningrad: Kaliningr. universitet, 2000, 59 p. (In Russ.)

10. Shlyk A.A. [Determination of chlorophylls and carotenoids in extracts of green leaves], *Biokhimicheskie metody v fiziologii rastenii* [Biochemical methods in plant physiology], Moscow: Nauka, 1971, pp. 154-170. (In Russ.)

Einfluss des Nanostoffes Taunit auf die biochemischen Kennziffern der Pflanzen

Zusammenfassung: Es ist der Einfluss des Nanostoffes Taunit auf die biochemischen Kennziffern der Pflanzen des Sairtoins und der Erbsen (die Aktivität der Polyphenoloxydase, des Catalases, der Perizydase) betrachtet und es ist der Inhalt des Taunites in den Pflanzen bewertet. Im Verlauf der Durchführung der Experimente war es enthüllt, dass die untersuchten Kulturen der Pflanzen auf die Anwesenheit in der Pflegeumgebung der kleinen Konzentrationen des Nanostoffes befriedigend reagieren, was seine mögliche sichere Nutzung macht, als Zusatz dem Nährboden bei der Züchtung der angegebenen Kulturen.

Impact du nanomatériau carbonique Taounit sur les paramètres biochimiques des plantes

Résumé: Est examiné l'impact du nanomatériau carbonique Taounit sur les indices biochimiques des plantes comme sainfoin et pois (activité de polyphénoloxydase, de catalase, de peroxydase); est estimé le contenu de taounit dans les plantes. Au cours de l'expérimentation, a été révélé que les cultures des plantes étudiées réagissent de la manière satisfaisante sur la présence dans le milieu cultivé de faibles concentrations du nanomatériau ce qui rend possible son utilisation sûre y compris en tant qu'additif pour un milieu lors de la cultivation des cultures indiquées.

Авторы: *Синютина Светлана Евгеньевна* – кандидат химических наук, доцент кафедры «Биохимия и фармакология»; *Шубина Анна Геннадиевна* – кандидат химических наук, доцент кафедры «Биохимия и фармакология», ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»; *Гусев Александр Анатольевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией медицинской экологии и нанотоксикологии, НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы»; *Шубин Роман Александрович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; *Абрамова Светлана Владимировна* – магистрант, ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Невзорова Елена Владимировна* – доктор биологических наук, профессор кафедры «Биохимия и фармакология», ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина».
