



## ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА ГУМИ НА РАСТЕНИЯ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА

<sup>1</sup>Авальбаев А.М., <sup>1</sup>Аллагулова Ч.Р., <sup>1</sup>Масленникова Д.Р., <sup>1</sup>Безрукова М.В., <sup>1</sup>Лубянова А.Р., <sup>1</sup>Юлдашев Р.А.,  
<sup>2</sup>Кузнецов В.И., <sup>1</sup>Шакирова Ф.М.

<sup>1</sup>Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Уфа, пр. Октября, 71

e-mail: [avalbaev@yahoo.com](mailto:avalbaev@yahoo.com)

<sup>2</sup>ООО НВП «Башинком», 450015, Уфа, ул. К. Маркса, 37, корп. 1

### Резюме

Исследовали влияние предпосевной обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) препаратом Гуми на устойчивость растений к воздействию 2%-ного NaCl. Предобработка проростков препаратом способствовала заметному уменьшению степени повреждающего действия солевого стресса на показатели их роста. О защитном действии предобработки Гуми М на проростки в условиях солевого стресса свидетельствовало существенное уменьшение уровня перекисного окисления липидов, экзоосмоса электролитов и пролина.

**Ключевые слова:** биопрепараты; гуминовые кислоты; Гуми; пролин, малоновый диальдегид, экзоосмос электролитов, *Triticum aestivum* L.

**Цитирование** - Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Масленникова Д.Р., Безрукова М.В., Лубянова А.Р., Юлдашев Р.А., Кузнецов В.И., Шакирова Ф.М. Протекторное действие препарата ГУМИ на растения пшеницы в условиях солевого стресса. *Биомика*. 2018. Т.10(2). С. 175-180. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-24

## PROTECTIVE ACTION OF HUMI PREPARATION ON WHEAT PLANTS UNDER THE ACTION OF SALT STRESS

<sup>1</sup>Avalbaev A.M., <sup>1</sup>Allagulova Ch.R., <sup>1</sup>Maslennikova D.R., <sup>1</sup>Bezrukova M.V.,  
<sup>1</sup>Lubyanova A.R., <sup>1</sup>Yuldashev R.A., <sup>2</sup>Kuznetsov V.I., <sup>1</sup>Shakirova F.M.

<sup>1</sup>Institute of Biochemistry and Genetics - Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 71 pr. Oktyabrya, 450054, Ufa, Russia

<sup>2</sup>Bashinkom Ltd, 37 K.Marx str. Build 1, 450015, Ufa, Russia

### Resume

The effect of presowing treatment of wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) with HUMI preparation on the wheat plant tolerance to 2% NaCl was investigated. Pretreatment of seedlings with HUMI preparation was found to reduce the damaging effect of salt stress on their growth indices. The significant reduction of stress-induced lipid peroxidation, electrolyte leakage and proline accumulation in HUMI-pretreated seedlings points towards the protective effect of HUMI on wheat seedlings under conditions of salt stress.

**Key words:** biopreparations; humic acids; HUMI; proline, malondialdehyde, electrolyte leakage, *Triticum aestivum* L.

**Citation** - Avalbaev A.M., Allagulova Ch.R., Maslennikova D.R., Bezrukova M.V., Lubyanova A.R., Yuldashev R.A., Kuznetsov V.I., Shakirova F.M. Protective action of HUMI preparation on wheat plants under the action of salt stress. *Biomics*. 2018. V.10(2). P.175-180. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-24 [In Russian]

### **Введение**

Гуминовые кислоты являются одним из важных компонентов гумуса почв, с которыми связаны функции поддержания жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, растений, животных и обеспечения биоразнообразия и сохранения почвенного плодородия. Вместе с тем, хорошо известна роль гуминовых кислот в регулировании метаболизма растений [Ермаков, Попов (Ermakov, Popov), 2013; Canellas et al., 2008, Canellas, Olivares, 2014]. Так, показана эффективность их применения в качестве регуляторов роста для повышения урожая многих сельскохозяйственных культур путем обработки семян или опрыскивания вегетирующих растений [Jindo et al. 2012; Muscolo et al. 2013]. Наряду с ростстимулирующей активностью препараты, созданные на основе гуминовых кислот, обладают способностью повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам различной природы [Zhang, Ervin, 2004; El-Ghamry et al., 2009]. Вместе с тем, привлекательность использования препаратов, созданных на основе гуминовых кислот, обусловлена тем, что они проявляют свою активность в очень низких концентрациях, кроме того, они в норме присутствуют в клетках всех живых почвенных микроорганизмов. Это экологически безопасные природные биопрепараты, играющие, также, важную роль в почвообразовании. Однако применение этих препаратов с целью эффективного повышения устойчивости и продуктивности культур требует знания разнообразия их эффектов на растения, которые пока недостаточно раскрыты.

В связи с вышесказанным, цель нашей работы состояла в выявлении протекторного действия препарата Гуми на рост проростков пшеницы в условиях солевого стресса.

### **Материалы и методы**

Работу проводили на проростках мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Башкирская 24 в лабораторных условиях. В опытах использовали полусухую предпосевную обработку семян раствором препарата Гуми (НВП «Башинком», Башкортостан, Россия) из расчета 300 г/т семян, согласно общепринятой технологии. После чего семена проращивали в течение 3 сут в кюветах на фильтровальной бумаге, смоченной водопроводной водой, при 20-23°C, 16-часовом световом дне и освещенности 15 клк. Для оценки

влияния засоления на рост растений, предобработанные и необработанные Гуми 4-х суточные проростки пшеницы инкубировали на смеси 2%-ной сахарозы и 2%-ного NaCl в течение 7 ч. О росте судили по изменению длины растений, интенсивности клеточного деления в апикальной меристеме корней контрольных и опытных проростков. Митотический индекс (МИ) клеток определяли как соотношение числа клеток в состоянии митоза и общего числа клеток ткани (в %) [Fusconi et al., 2006], используя микроскоп Amplival (Carl Zeiss, Германия). Содержание пролина определяли согласно [Bates et al., 1973]. Содержание малонового диальдегида (МДА), являющегося одним из основных продуктов перекисного окисления липидов, определяли, как описано в [Bezrukova et al., 2008]. О проницаемости клеточных мембран проростков судили по выходу электролитов, который регистрировали с использованием кондуктометра ОК 102/1 (Radelkis, Венгрия), измеряя омическое сопротивление водных экстрактов в постоянном токе [Bezrukova et al., 2008].

Контролем во всех опытах служили необработанные Гуми проростки, инкубированные на растворе 2%-ной сахарозы. Все эксперименты проводили в двух-трех биологических повторах, каждый вариант опыта содержал не менее 40 проростков, анализ МИ проводили на 2000 клеток в каждом варианте.

### **Результаты и обсуждение**

Рост как интегральный показатель физиологического состояния растений служит критерием благоприятности тех или иных воздействий. Данные, приведенные на рис. 1, демонстрируют, что обработка семян Гуми приводит к активации роста растений. Обработанные Гуми проростки в ходе прорастания отличаются заметно большим показателем митотического индекса (МИ) клеток апикальной меристемы корней (рис. 1а), что вносит важный вклад в увеличение линейных размеров проростков (рис. 1б).

Полученные результаты согласуются с литературными данными, в которых показано, что препараты гуминовой природы характеризуются ярко выраженной ростстимулирующей активностью [Nardi et al., 2002; Abdellatif et al., 2017].

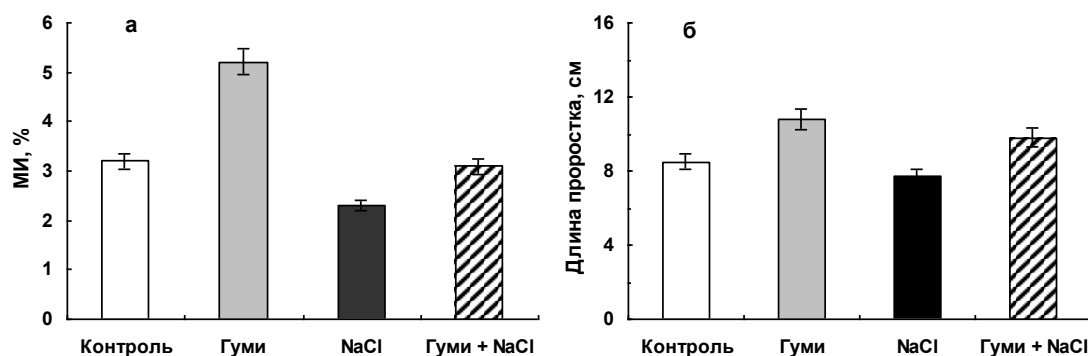


Рис. 1. Влияние предпосевной обработки Гуми на МИ клеток апикальной меристемы корней (а) и изменение линейных размеров (б) 4-суточных проростков пшеницы, подвергнутых 2 % NaCl.

Fig. 1. Effect of presowing HUMI treatment on MI of root apical meristem cells (a) and length (b) of 4-d-old wheat seedlings subjected to 2% NaCl.

Перенесение же проростков на раствор 2%-ного NaCl, вызывающего обезвоживание и одновременно оказывающего токсическое действие на растительный организм [Munns, Tester, 2008], приводило к заметному ингибированию митотической активности клеток корней как необработанных, так и обработанных Гуми растений, хотя нужно отметить, что МИ в варианте опыта с предпосевной обработкой Гуми поддерживался на уровне контрольных растений (рис. 1а).

Сравнительный анализ влияния засоления на рост необработанных и предобработанных Гуми растений выявил (рис. 1б), что засоление вызвало существенное торможение роста проростков, о чем можно судить по их линейным размерам. Предобработанные Гуми проростки также испытывали стресс, о котором можно судить по некоторому торможению роста проростков в сравнении с обработанными Гуми растениями без стресса, но, учитывая тот факт, что сама обработка Гуми оказывала ростстимулирующий эффект, то даже при стрессе эти растения были заметно больше контрольных по размеру. Таким образом, оценка интенсивности роста предобработанных и необработанных Гуми проростков пшеницы, подвергнутых воздействию 2%-ного хлорида натрия, выявила защитный эффект препарата, который проявлялся в предотвращении повреждающего действия засоления на рост растений предобработанных Гуми проростков в этих условиях (рис. 1а и б).

К числу характерных ответных реакций растений на стрессы, вызывающие нарушение водного режима, относится быстрое и значительное накопление в растениях одного из ключевых осмопротектантов – пролина [Cavalcanti et al., 2004; Niu et al., 2018]. С этой аминокислотой связывают развитие стресс-

устойчивости растений к засухе, холодовому стрессу, а также – засолению [Verslues et al., 2006; Sripinyowanich et al., 2013]. Поскольку Гуми оказывает протекторный эффект на растения пшеницы в условиях засоления, интересно было оценить, вовлекается ли эта аминокислота в спектр его защитного действия.

Из рис. 2 видно, что засоление вызвало существенное возрастание концентрации пролина в проростках пшеницы в сравнении с контролем, в то же время у предобработанных Гуми растениях в этих условиях уровень увеличения содержания пролина был заметно ниже. Эти результаты также могут служить аргументом в пользу защитного действия Гуми на растения пшеницы, что отражается в меньшем уровне повреждающего действия засоления на предобработанные Гуми проростки.

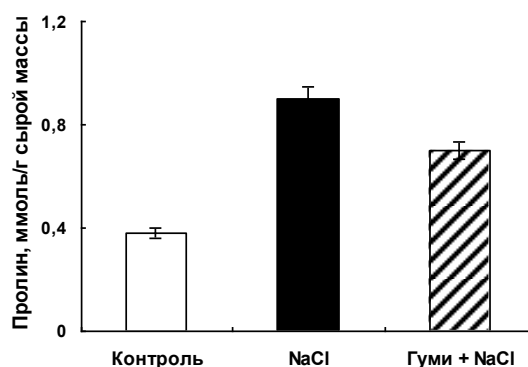


Рис. 2. Влияние предпосевной обработки Гуми на содержание пролина в 4-суточных проростках пшеницы после воздействия 2% NaCl.

Fig. 2. Effect of presowing HUMI treatment on the proline content in 4-d-old wheat seedlings after exposure to 2% NaCl.

Засоление, как и другие стрессовые воздействия, вызывают в растениях окислительный взрыв, связанный с усилением продукции активных форм кислорода (АФК), сопровождающимся активацией перекисного окисления липидов, о котором можно судить по уровню малонового диальдегида (МДА), что, в свою очередь, приводит к нарушению целостности мембранных структур и

усилению выхода электролитов из растительных тканей [Molinari et al., 2007; Bezrukova et al., 2008; Rizvi, Khan, 2018]. Таким образом, по изменению этих показателей можно судить об уровне повреждающего действия стрессора на растения и, с другой стороны, о благоприятности воздействия защитных препаратов.

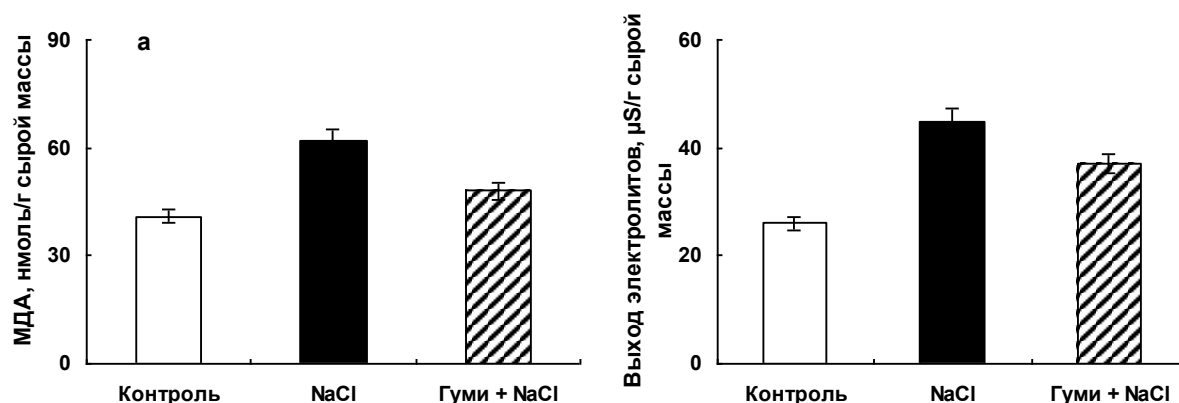


Рис. 3. Содержание МДА (а) и выход электролитов (б) из тканей 4-суточных проростков пшеницы предобработанных и необработанных Гуми и подвергнутых воздействию 2% NaCl.

Fig. 3. Effect of presowing HUMI treatment on the concentration of MDA (a) and electrolyte leakage (b) in 4-d-old wheat seedlings subjected to 2% NaCl.

Анализ содержания МДА в необработанных Гуми проростках пшеницы при воздействии 2% NaCl среды показал увеличение этого показателя (рис. 3а), а также возрастание уровня выхода электролитов из тканей (рис. 3б). В то же время предобработанные Гуми проростки пшеницы в условиях засоления характеризовались заметно меньшим уровнем МДА и экзосмоса электролитов (рис. 3а и б). Следует подчеркнуть, что сама по себе обработка Гуми не приводила к изменению данных показателей. Таким образом, полученные результаты иллюстрируют явный защитный эффект препарата на растения пшеницы к засолению при предпосевном способе обработки, который проявлялся в снижении уровня стресс-индуцированного накопления МДА и повреждения целостности мембранных структур, что в целом отражается на их физиологическом состоянии.

Суммируя приведенные в данном разделе результаты можно заключить, что предпосевная полусухая обработка семян Гуми способствует повышению устойчивости растений пшеницы к засолению, что проявляется в снижении существенного стресс-индуцированного увеличения уровня пролина, МДА и выхода электролитов из тканей, что в целом отражается в уменьшении уровня рост-ингибирующего действия засоления на предобработанные Гуми проростки пшеницы.

#### Литература

1. Ермаков Е.И., Попов А.И. Развитие представлений о влиянии гуминовых веществ на метаболизм и продуктивность растений. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2003. № 2. С. 16-20.
2. Abdellatif I.M.Y., Abdel-Ati Y.Y., Abdel-Mageed Y.T., Hassan M.A.-M.M. Effect of humic acid on growth and productivity of tomato plants under heat stress. *J. Horticult. Res.* 2017. V. 25. P. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0022>
3. Bates L.S., Waldern R.P., Teare D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 1973. V. 39. P. 205-207. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
4. Bezrukova M., Kildibekova A., Shakirova F. WGA reduces the level of oxidative stress in wheat seedlings under salinity. *Plant Growth Regul.* 2008. V. 54. P. 195-201. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-007-9248-1>
5. Canellas L.P., Olivares F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2014. V. 1. P. 2-11. DOI: <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
6. Canellas L.P., Teixeira Junior L.R.L., Dobbss L.B., Silva C.A., Medici L.O., Zandonadi D.B., Facanha A.R. Humic acids cross interactions with root and

- organic acids. *Ann. Appl. Biol.* 2008. V. 153. P. 157-166. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2008.00249.x
7. Cavalcanti F.R., Oliveira J.T.A., Martins-Miranda A.S., Viegas R.A., Silveira J.A.G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. *New Phytol.* 2004. V. 163. P. 563-571. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01139.x>
  8. El-Ghamry A.M., Abd El-Hai K.M., Ghoneem K.M. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Austr. J. Basic Appl. Sci.* 2009. V. 3. P. 731-739.
  9. Fusconi A., Repetto O., Bona E., Massa N., Gallo C., Dumas-Gaudot E., Berta G. Effects of cadmium on meristem activity and nucleus ploidy in roots of *Pisum sativum* L. cv. Frisson seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 2006. V. 58. P. 253-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.09.008>
  10. Jindo K., Martim S.A., Navarro E.C., Pérez-Alfocea F., Hernandez T., Garcia C., Aguiar N.O., Canellas L.P. Root growth promotion by humic acids from composted and noncomposted urban organic wastes. *Plant Soil.* 2012. V. 353. P. 209-220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1024-3>
  11. Molinari H.B.C., Marur C.J.I., Daros E., de Campos M.K.F., de Carvalho J.F.R.P., Filho J.C.B., Pereira L.F.P., Vieira L.G.E. Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiol. Plant.* 2007. V. 130. P. 218-229. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00909.x>
  12. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. V.59. P.651-681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
  13. Muscolo A., Sidari M., Texeira da Silva J.A. Biological effects of water-soluble soil phenol and soil humic extracts on plant systems. *Acta Physiol. Plant.* 2013. V. 35. P. 309-320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1065-0>
  14. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 2002. V. 34. P. 1527-1536. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
  15. Niu J., Zhang S., Liu S., Ma H., Chen J., Shen Q., Ge C., Zhang X., Pang C., Zhao X. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. *J. Plant Physiol.* 2018. V. 224-225. P. 30-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.03.001>
  16. Rizvi A., Khan M.S. Heavy metal induced oxidative damage and root morphology alterations of maize (*Zea mays* L.) plants and stress mitigation by metal tolerant nitrogen fixing *Azotobacter chroococcum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. V. 157. P. 9-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.063>
  17. Sripinyowanich S., Klomsakul P., Boonburapong B., Bangyeekhun T., Asami T., Gu H., Buaboocha T., Chadchawan S. Exogenous ABA induces salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L.): The role of *OsP5CS1* and *OsP5CR* gene expression during salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 2013. V. 86. P. 94-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.01.009>
  18. Verslues P.E., Agarwal M., Katiyar-Agarwal S., Zhu J., Zhu, J.-K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant J.* 2006. V. 45. P. 523-539. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x>
  19. Zhang X., Ervin E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.* 2004. V. 44. P. 1737-1745. DOI: 10.2135/cropsci2004.1737

#### References

1. Ermakov E.I., Popov A.I. Razvitie predstavlenij o vlijanii guminovyh veshhestv na metabolizm i produktivnost' rastenij. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk.* 2003. № 2. S. 16-20. [Development of ideas about the influence of humic substances on the metabolism and productivity of plants] (In Russian).
2. Abdellatif I.M.Y., Abdel-Ati Y.Y., Abdel-Mageed Y.T., Hassan M.A.-M.M. Effect of humic acid on growth and productivity of tomato plants under heat stress. *J. Horticult. Res.* 2017. V. 25. P. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0022>
3. Bates L.S., Waldern R.P., Teare D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil.* 1973. V. 39. P. 205-207. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
4. Bezrukova M., Kildibekova A., Shakirova F. WGA reduces the level of oxidative stress in wheat seedlings under salinity. *Plant Growth Regul.* 2008. V. 54. P. 195-201. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-007-9248-1>
5. Canellas L.P., Olivares F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2014. V. 1. P. 2-11. DOI: <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
6. Canellas L.P., Teixeira Junior L.R.L., Dobbss L.B., Silva C.A., Medici L.O., Zandonadi D.B., Facanha

- A.R. Humic acids cross interactions with root and organic acids. *Ann. Appl. Biol.* 2008. V. 153. P. 157-166. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2008.00249.x
7. Cavalcanti F.R., Oliveira J.T.A., Martins-Miranda A.S., Viegas R.A., Silveira J.A.G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. *New Phytol.* 2004. V. 163. P. 563-571. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01139.x>
  8. El-Ghamry A.M., Abd El-Hai K.M., Ghoneem K.M. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Austr. J. Basic Appl. Sci.* 2009. V. 3. P. 731-739.
  9. Fusconi A., Repetto O., Bona E., Massa N., Gallo C., Dumas-Gaudot E., Berta G. Effects of cadmium on meristem activity and nucleus ploidy in roots of *Pisum sativum* L. cv. Frisson seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 2006. V. 58. P. 253-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.09.008>
  10. Jindo K., Martim S.A., Navarro E.C., Pérez-Alfocea F., Hernandez T., Garcia C., Aguiar N.O., Canellas L.P. Root growth promotion by humic acids from composted and noncomposted urban organic wastes. *Plant Soil.* 2012. V. 353. P. 209-220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1024-3>
  11. Molinari H.B.C., Marur C.J.I., Daros E., de Campos M.K.F., de Carvalho J.F.R.P., Filho J.C.B., Pereira L.F.P., Vieira L.G.E. Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiol. Plant.* 2007. V. 130. P. 218-229. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00909.x>
  12. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. V.59. P.651-681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
  13. Muscolo A., Sidari M., Texeira da Silva J.A. Biological effects of water-soluble soil phenol and soil humic extracts on plant systems. *Acta Physiol. Plant.* 2013. V. 35. P. 309-320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1065-0>
  14. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 2002. V. 34. P. 1527-1536. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
  15. Niu J., Zhang S., Liu S., Ma H., Chen J., Shen Q., Ge C., Zhang X., Pang C., Zhao X. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. *J. Plant Physiol.* 2018. V. 224-225. P. 30-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.03.001>
  16. Rizvi A., Khan M.S. Heavy metal induced oxidative damage and root morphology alterations of maize (*Zea mays* L.) plants and stress mitigation by metal tolerant nitrogen fixing *Azotobacter chroococcum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. V. 157. P. 9-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.063>
  17. Sripinyowanich S., Klomsakul P., Boonburapong B., Bangyeekhun T., Asami T., Gu H., Buaboocha T., Chadchawan S. Exogenous ABA induces salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L.): The role of *OsP5CS1* and *OsP5CR* gene expression during salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 2013. V. 86. P. 94-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.01.009>
  18. Verslues P.E., Agarwal M., Katiyar-Agarwal S., Zhu J., Zhu, J.-K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant J.* 2006. V. 45. P. 523-539. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x>
  19. Zhang X., Ervin E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.* 2004. V. 44. P. 1737-1745. DOI: 10.2135/cropsci2004.1737