

МИКРОУДОБРЕНИЯ МАРКИ ЖУСС КАК РЕЗУЛЬТАТ КОНВЕРГЕНТНЫХ ЗНАНИЙ

Пахомова В. М., Дамина А.И.

Реферат. В кратком изложении обобщены собственные многолетние экспериментальные данные полевых и лабораторных опытов по изучению функционального состояния растений при краткосрочном и отдаленном действии жидких удобрительных стимулирующих составов (ЖУСС), разработанных в Казанском ГАУ в результате междисциплинарных исследований. Установлена полифункциональность их действия на растения: стимуляция ростовых процессов, активизация протекторных ферментов антиоксидантной защиты клеток, фотосинтетической и поглотительной деятельности, антистрессорный эффект и др. Применение этих препаратов эффективно при двух- и трехкратном воздействии. Положительные эффекты ЖУСС пролонгированы во времени в связи с концентрированием в семенах растений микроэлементов, входящих в состав ЖУСС. Полифункциональный механизм их влияния приводит к активизации продукционных процессов растений, росту урожайности и качества сельскохозяйственной продукции в связи с эффектом биофортификации. Разработана интегральная схема полифункциональности действия препаратов ЖУСС. На основе конвергентных знаний (междисциплинарных исследований) агрохимии, химии и физиологии и биохимии растений в Казанском ГАУ созданы эффективные хелатные микроудобрения марки ЖУСС, рекомендуемые для широкого применения на бедных по микроэлементному составу почвах, с целью повышения в различных климатических условиях урожайности и качества урожая культурных растений в связи с эффектом биофортификации. Применение этих препаратов эффективно при двух- и трехкратном воздействии.

Ключевые слова: хелатные микроудобрения, марка ЖУСС, полифункциональный механизм, действие и последствие.

Введение. В Казанском государственном аграрном университете при научном сотрудничестве трех кафедр – агрохимии, общей химии, ботаники и физиологии растений – были разработаны технологии синтеза новых жидких хелатных форм микроудобрений марки ЖУСС и изучен полифункциональный механизм их действия. В течение четверти века были проведены многочисленные полевые и лабораторные междисциплинарные исследования, показавшие высокую эффективность их действия в практике растениеводства. Коллектив ученых под руководством Гайсина И.А. за изобретение микроудобрений нового поколения (ЖУСС) удостоен в 2000 г. Госпремии РТ. Пахомова В.М. За цикл работ по устойчивости растений, в том числе при действии ЖУСС, удостоена Российской Академией сельскохозяйственных наук в 2006 г. Золотой медали им. К.А. Тимирязева.

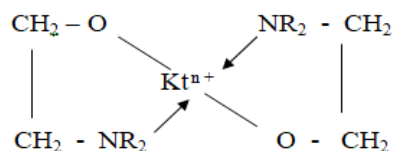
Данные препараты включают по одному, двум или трем сочетаниям разных микроэлементов, недостающих в условиях определенного агрофитоценоза на основе «закона минимума» [1]. Лигандами этих микроудобрений служат моно- и диэтанолламин (МЭА и ДЭА) и лимонная кислота. Препараты ЖУСС отличаются устойчивостью при разном pH, гидрофильны и хорошо прилипаемы, экологичны, незначительно связываемые почвой, не агрессивны к пестицидам. Синтезировано 15 вариантов ЖУСС с разным микроэлементным

составом: Cu-B, Cu-Mo, Cu-Zn, Zn-B, Co-B, Co-Mo, Zn-Mo, Cu-Mn и др. Они зарегистрированы в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов для использования в России (рег. № 19-8002 (9333) – 0309 – 1) и внедрены на территории более миллиона гектар в РФ и за рубежом.

Цель данной работы – представить научное обоснование применения этих препаратов на основе краткого обобщения собственных экспериментальных данных по исследованию функционального состояния растений при действии и последствии жидких удобрительных стимулирующих составов (ЖУСС).

Условия, материалы и методы исследований. Объект исследований – яровая пшеница сорта Люба, Прохоровка и МиС. Многолетние полевые опыты (2000 – 2016 гг.) при разных климатических условиях проведены на опытных полях Учхоза Казанского ГАУ. Лабораторные эксперименты по изучению механизма действия препаратов ЖУСС (в том числе Cu, Mo-содержащего ЖУСС-2) при некорневой подкормке растений проводятся до настоящего времени.

Строение хелатных микроудобрений марки ЖУСС [2]:



где Kt^{n+} - Cu^{2+} , Zn^{2+} и т.д., $R_2 = H, HOCH_2CH_2$. Лигандом ЖУСС-2 является МЭА. Он проявляет ростстимулирующее действие (АС. СССР №852302) и легко комплексуется с Kt^{n+} [2].

Такие комплексоны (на основе солей меди) стабильны при избытке МЭА. Молярное соотношение Kt^{n+} к МЭА составляет от 1:3 до 1:6. При таких условиях комплексные соединения устойчивы и в сильно разбавленном состоянии.

Комплексоны Cu на основе МЭА хорошо сочетаются с борной и молибденовой кислотами и солями этих кислот. Совместное применение неорганических солей Cu и Mo отличается низкой эффективностью: при этом образуется малорастворимый и малодоступный для растений $CuMoO_4$.

МЭА хорошо влияет на растворимость N_3VO_3 , $(NH_4)_2MoO_4$ или молибденовой кислоты, что приводит к получению концентрированных растворов хелатных микроудобрений.

Препарат марки ЖУСС-2 по внешнему виду представляет собой темно-синюю жидкость с содержанием (в г на л) Cu 32...40, Mo 14...22, МЭА 170...200 и рН 10...11.

Изучение функционального состояния растений проводилось с применением ряда физико-химических методов: микроскопического, фотометрического, манометрического, денситометрического, электрофоретического, хроматографического,

спектроскопического и др.

Анализ и обсуждение результатов исследований. На клеточно-организменном и агрофитоценологическом уровнях организации установлены следующие эффекты ЖУСС: снижение энергозатрат на сохранение гомеостаза клеток, интенсивности гликолатного цикла, транспирации и фенотипической изменчивости ряда морфологических параметров растений, стимуляция роста, фотосинтеза, нитратредуктазной активности и оттока фотосинтатов в запасующие органы растений, возрастание количества связанной воды, увеличение зоны поглощения корней и их транспортной функции и, в конечном итоге, увеличение продуктивности и урожайности растений. Значимый эффект проявлялся при двукратном (в фазах кущения и выхода в трубку) и трехкратном (в фазах кущения, выхода в трубку и колошения) воздействиях [2, 3, 4].

Важно, что наблюдался эффект биофортификации [5] (концентрирование микроэлементов, входящих в состав ЖУСС, в семенах и вегетативных органах растений, увеличение количества эссенциальных аминокислот), количественное уменьшение в вегетативных органах H_2O_2 и $O_2 \rightarrow$ и метаболита липопероксидации малонового диальдегида, а в семенах - Pb, Cd, Ni, Cr, Hg и As, Cs и Sr , что в итоге улучшало качественные показатели конечной продукции [3].

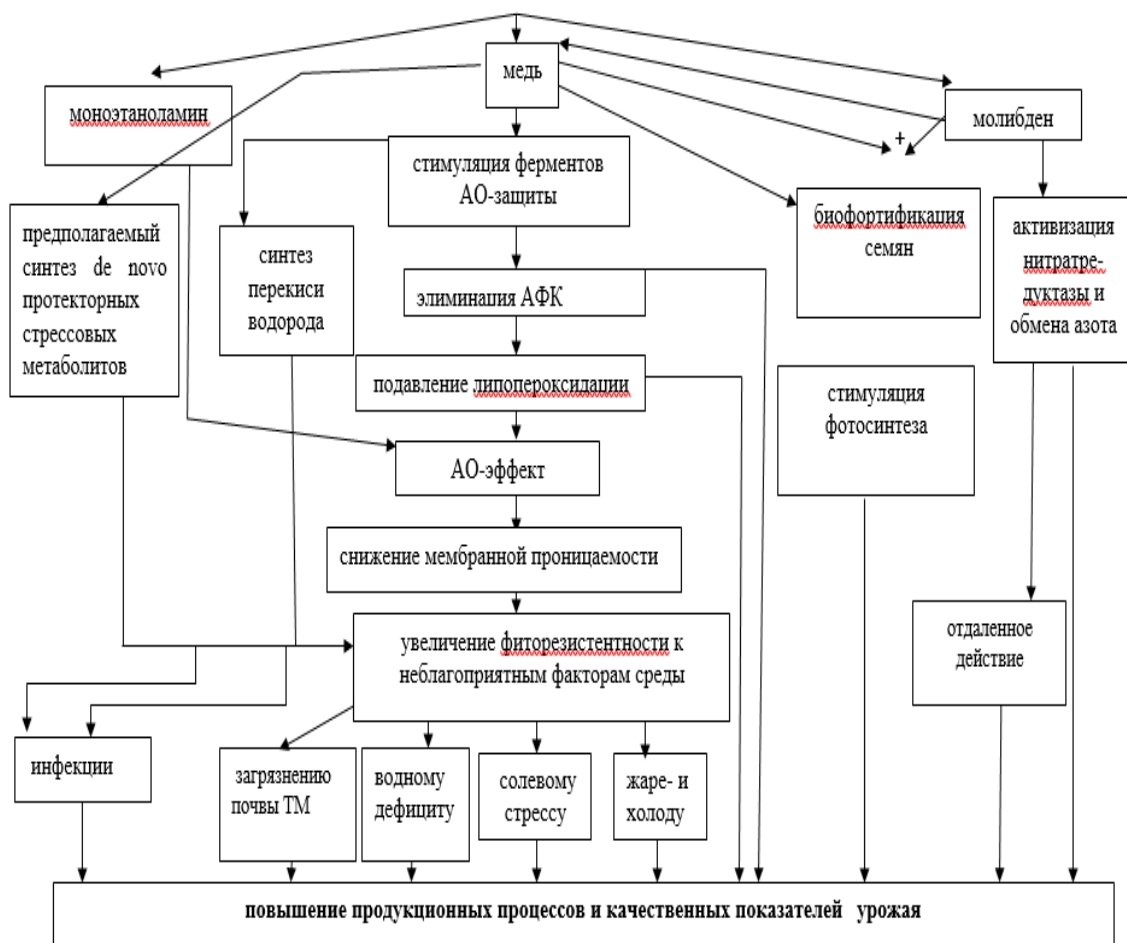


Рисунок – Интегральная схема изменения физиолого-биохимических процессов при некорневой обработке растений препаратом ЖУСС-2

В то же время не менялись спектр запасных белков, а также натура, стекловидность, массовая доля сырой клейковины зерна. Ультраструктурных изменений клеток листьев и корней под действием ЖУСС также не зарегистрировано.

Одни из самых значимых влияний ЖУСС – повышение засухо-, жаро-, холодо- и солеустойчивости растений, а также положительный цитогенетический эффект, одним из механизмов которых является активизация антиоксидантной (АО) системы защиты клеток (повышение активности таких ферментов, как супероксиддисмутаза, пероксидаза и каталаза) [2, 6, 7].

Наиболее ярко протекторный эффект этих препаратов проявлялся в экстремальных климатических условиях [3]. Показана ведущая роль микроэлементов Cu, Mn, Zn и Fe, входящих в состав ЖУСС, в повышении резистентности растений при стрессирующих воздействиях. Близкие результаты установлены и другими авторами [8, 9, 10]. Не исключено, что одной из причин этого может быть также возрастание количества гидрофильных полипептидов и, как следствие, водоудерживающей способности клеток и тканей. В наших экспериментах зарегистрировано количественное изменение некоторых гидрофильных полипептидов в растениях (увеличение количества полипептидов с М.м. 94 и 145 кДа и уменьшение - с М.м. от 13 до 66 кДа) [3].

Доказано, что протекторный эффект ЖУСС характеризуется долгосрочным действием на основе концентрирования в зерне микроэлементов, входящих в состав ЖУСС и, как следствие, активизации ферментов антиоксидантной защиты [2, 3].

Аналогичные результаты были получены други-

ми экспериментаторами при обработке растений пшеницы в ходе вегетации раствором CuSO₄. Сформировавшиеся семена аккумулировали значительно больше меди (≈ на 60 %). Урожайность растений, выращенных из таких семян, была также больше [11].

На основании вышеизложенного нами разработана интегральная схема механизма краткосрочного и долгосрочного влияния жидких удобрительных стимулирующих составов (ЖУСС).

Выводы. 1. На основе конвергентных знаний (междисциплинарных исследований) агрохимии, химии и физиологии и биохимии растений в Казанском ГАУ созданы эффективные хелатные микроудобрения марки ЖУСС, рекомендуемые для широкого применения на бедных по микроэлементному составу почвах, с целью повышения в различных климатических условиях урожайности и качества урожая культурных растений в связи с эффектом биофортификации. Применение этих препаратов эффективно при двух- и трехкратном воздействии.

2. Микроудобрения ЖУСС отличаются полифункциональным механизмом краткосрочного и долгосрочного действия, характеризующимся снижением энергозатрат на сохранение гомеостаза клеток, активизацией их антиоксидантной защиты и фотосинтетической деятельности, оптимизацией минерального питания и водного обмена клеток, усилением ростовых процессов и оттока ассимилятов в запасающие органы, а также повышением стрессоустойчивости растений. Ведущая роль в повышении резистентности растений к стрессовым условиям принадлежит таким микроэлементам в составе ЖУСС, как Cu, Mn, Zn и Fe.

Литература

1. Торшин С.П. Агрохимия / С.П. Торшин, В.В. Кидин. - М.: Изд-во Проспект, 2018. – 608 с.
2. Пахомова В.М. Устойчивость и защита растений при оптимизации минерального питания / В.М. Пахомова, И.А. Гайсин. – Казань: Издательский дом «Меддок», 2008. – 212 с.
3. Гайсин И.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия / И.А. Гайсин, В.М. Пахомова. – Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 2016. – 316 с.
4. Прохоренко Н.Б. Морфологические параметры и урожайность у растений яровой пшеницы сорта Люба при оптимизации минерального питания / Н.Б. Прохоренко, В.М. Пахомова, Р.Н. Хабиров, Е.В. Данышина // Сельскохозяйственная биология. – № 5. – 2008. – С.43-47.
5. Битюцкий Н.П. Минеральное питание растений: учебник / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2014. – 540 с.
6. Doonan J.H. Genetic approaches to understand how plants cope with genotoxic stress and maintain genome stability / J.H. Doonan, C. Nibau, Fiona Corke, et al. // Proceedings of the second international symposium molecular aspects of plant redox metabolism and the international scientific school the role of reactive oxygen species in plant life. Ufa, June 26-July 1, 2017. – P. 33-36.
7. Hallivel V. DNA damage by oxygen-derived species / H. Hallivel, O.I. Aruoma // FEBS Lett. – 1991. – Vol. 281. – P. 9-19.
8. Тютюма Н.В. Роль микроэлементов в стимулировании роста и развития растений и повышении их устойчивости к неблагоприятным условиям среды / Н.В. Тютюма // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 8. – С. 129-133.
9. Алехина Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко / Под ред. И.П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.
10. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур / Е.И. Кошкин. – М.: ДРОФА, 2010. – 638 с.
11. Katakai P.K. Performance of micronutrient enriched wheat seeds on three soil types / P.K. Katakai, S. Bedi, C.L. Arora, J.G. Lauren, J.V. Duxbury // J. New Seeds. – 2001. - 3. - № 4. – P. 13-21.

Сведения об авторах:

Пахомова Валентина Михайловна – доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии, животноводства и химии, e-mail: pahomovav@mail.ru

Даминова Аниса Илдаровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии, животноводства и химии, e-mail: danis14@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

ZhUSS MICROFERTILIZER AS A RESULT OF CONVERGENT KNOWLEDGE

Pakhomova V.M., Daminova A.I.

Abstract. The summary summarizes our own long-term experimental data from field and laboratory experiments to study the functional state of plants under the short-term and long-term effects of liquid fertilizer stimulating compounds (ZhUSS) developed at Kazan State Agrarian University as a result of interdisciplinary studies. The multifunctionality of their effect on plants has been established: stimulation of growth processes, activation of protective enzymes of antioxidant protection of cells, photosynthetic and absorption activity, antistress effect, etc. The use of these drugs is effective for two and three times exposure. The positive effects of ZhUSS are prolonged over time due to the concentration in the seeds of plants of the trace elements that make up the ZhUSS. The multifunctional mechanism of their influence leads to the activation of plant production processes, an increase in the yield and quality of agricultural products in connection with the effect of biofortification. An integrated circuit has been developed for the multifunctionality of the action of ZhUSS preparations. Based on convergent knowledge (interdisciplinary research) of agrochemistry, chemistry and physiology and biochemistry of plants, Kazan State Agrarian University created effective chelated micronutrient fertilizers of the ZhUSS brand, recommended for widespread use on soils poor in microelement composition, with the aim of increasing crop yields and crop quality in different climatic conditions due to the effect of biofortification. The use of these drugs is effective for two and three times the exposure.

Key words: chelated micronutrient fertilizers, ZhUSS, multifunctional mechanism, action and aftereffect.

References

1. Torshin S.P. *Agrokimiya*. [Agrochemistry]. / S.P. Torshin, V.V. Kidin. - M.: Izd-vo Prospekt, 2018. - P. 608.
2. Pakhomova V.M. *Ustoychivost i zaschita rasteniy pri optimizatsii mineralnogo pitaniya*. [Stability and plant protection during optimization of mineral nutrition]. / V.M. Pakhomova, I.A. Gaysin. - Kazan: Izdatelskiy dom "Meddok", 2008. - P. 212.
3. Gaysin I.A. *Polifunktsionalnye khelatnye mikroudobreniya: praktika primeneniya i mekhanizm deystviya*. [Multifunctional chelate micronutrient fertilizers: application practice and mechanism of action]. / I.A. Gaysin, V.M. Pakhomova. - Kazan: Izd-vo Kazan. Un-ta, 2016. - P. 316.
4. Prokhorenko N.B. Morphological parameters and productivity of spring wheat plants of the Lyuba variety during optimization of mineral nutrition. [Morfologicheskie parametry i urozhaynost u rasteniy yarovoy pshenitsy sorta Lyuba pri optimizatsii mineralnogo pitaniya]. / N.B. Prokhorenko, V.M. Pakhomova, R.N. Khabirov, E.V. Danshina // *Selskokhozyaystvennaya biologiya. - Agricultural Biology*. - № 5. - 2008. - P. 43-47.
5. Bityutskiy N.P. *Mineralnoe pitanie rasteniy: uchebnik*. [Mineral nutrition of plants: a textbook]. / N.P. Bityutskiy. - SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2014. - P. 540.
6. Doonan J.H. Genetic approaches to understand how plants cope with genotoxic stress and maintain genome stability / J.H. Doonan, C. Nibau, Fiona Corke, et al. // Proceedings of the second international symposium molecular aspects of plant redox metabolism and the international scientific school the role of reactive oxygen species in plant life. Ufa, June 26 -July 1, 2017. - P. 33-36.
7. Hallivel B. DNA damage by oxygen-derived species / H. Hallivel, O.I. Aruoma // *FEBS Lett.* - 1991. - Vol. 281. - P. 9-19.
8. Tyutyuma N.V. The role of trace elements in stimulating the growth and development of plants and increasing their resistance to adverse environmental conditions. [Rol mikroelementov v stimulirovani rosta i razvitiya rasteniy i povyshe-nii ikh ustoychivosti k neblagopriyatnym usloviyam sredy]. / N.V. Tyutyuma // *Vestnik RUDN. Ser. Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti. - The Herald of RUDN. Series Ecology and life safety*. 2003. - № 8. P. 129-133.
9. Alekhina N.D. *Fiziologiya rasteniy*. [Plant Physiology]. / N.D. Alekhina, Yu.V. Balnokin, V.F. Gavrilenko / Pod red. I.P. Ermakova. - M.: Izdatelskiy tsentr "Akademiya", 2005. - P. 640.
10. Koshkin E.I. *Fiziologiya ustoychivosti selskokhozyaystvennykh kultur*. [Physiology of crop sustainability]. / E.I. Koshkin. - M.: DROFA, 2010. - P. 638.
11. Katak P.K. Performance of micronutrient enriched wheat seeds on three soil types / P.K. Katak, S. Bedi, C.L. Arora, J.G. Lauren, J.V. Duxbury // *J. New Seeds*. - 2001. - 3. - № 4. - P. 13-21.

Authors:

Pakhomova Valentina Mikhaylovna – Doctor of Biological Sciences, Professor of Biotechnology, Livestock and Chemistry Department, e-mail: pahomovav@mail.ru

Daminova Anisa Ildarovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry Department, e-mail: danis14@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia