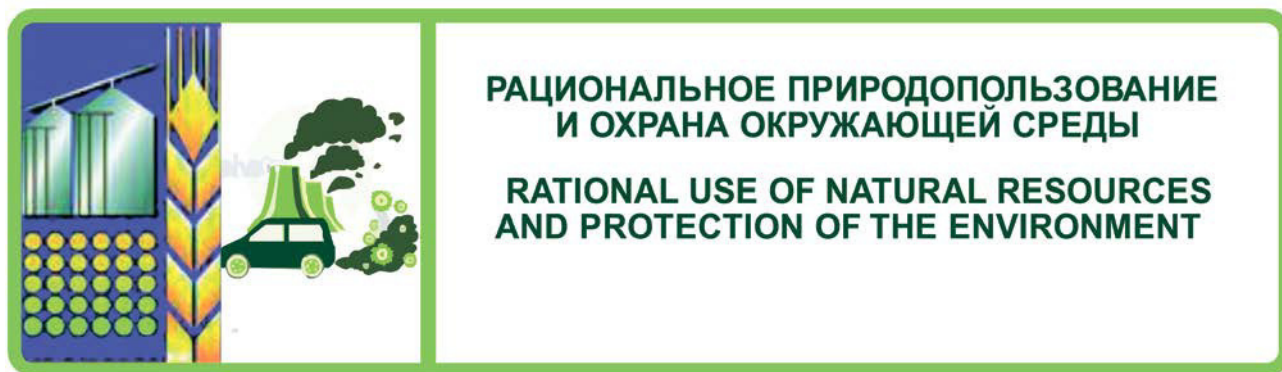




УДК 631.811.98: 661.183: 633.1

ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ НАНОУГЛЕРОДА И ФИТОГОРМОНА ИМК КАК АНТИДЕПРЕССАНТЫ НА ЯРОВЫХ КУЛЬТУРАХ

^{1,2} Л. Н. Коробова, доктор биологических наук, доцент

¹ Т. В. Холдобина, кандидат биологических наук

¹ Новосибирский государственный аграрный университет

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет

E-mail: lnkorobova@mail.ru

Ключевые слова: регулятор роста, индолилмасляная кислота, нанокуглеродные частицы, анти-стрессовое действие, гербицидный стресс, ростовые процессы, урожайность зерна, яровая пшеница, яровой ячмень.

Реферат. Изучена эффективность применения на яровой пшенице и ячмене двух препаратов, созданных на основе взаимодействия ауксина индолилмасляной кислоты (ИМК) и нанокуглеродных частиц – фуллеренов. Один препарат представлял собой ИМК с фуллереном, в другой дополнительно были добавлены макро- и микроэлементы. Благодаря фуллеренам концентрация фитогормона в препаратах была десятикратно уменьшена. Препараты использовались в северной лесостепи Приобья для защиты яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 и ярового ячменя сорта Ача от негативного воздействия гербицидов. Культуры высевали по предшественнику картофель и обрабатывали в фазу кущения баковой смесью Скорпио-супер (0,7 л/га), Гренча (7 г/га) и Тренда (0,2 л/га). Внутри посевов в мелкоделяночных опытах к гербицидам добавляли изучаемые препараты. Выявлено, что применение ИМК с фуллереном способствовало быстрому восстановлению зерновых культур после химической обработки, приводя к увеличению биомассы растений и размера флаговых листьев и колосьев. Установлена хозяйственная и экономическая эффективность использования изучаемых препаратов. Урожайность зерна яровой пшеницы под влиянием препарата, содержащего ИМК, фуллерен C_{60} и питательные элементы, повысилась на 22,3 %, ячменя – на 10,6 %, под влиянием другого препарата – на 14,5 %. Решающую роль в формировании урожая на культуре ячменя сыграли изменения в густоте продуктивного стеблестоя и озерненности колоса, на яровой пшенице – выполненность зерна.

PREPARATIONS BASED ON NANOCARBON AND PLANT HORMONE IMC AS ANTIDEPRESSANTS ON SPRING CROPS

^{1,2}L.N. Korobova, doctor of biological Sciences

¹T.V. Kholdobina, candidate of biological Sciences

¹ Novosibirsk state agrarian University

² Belgorod state national research University

Key words: growth regulator, indolyl oil acid, nanocarbon particles, anti-stress effect, herbicidal stress, growth processes, grain yield, spring wheat, spring barley.

Abstract. The efficiency of the use of 2 preparations based on the interaction of indolyl oil acid auxin (IMC) and nanocarbon fullerene particles on spring wheat and barley has been studied. One drug was IMK with fullerene, the other extras were added macro – and micronutrients. Thanks fullerenes concentration of plant hormone in the formulations was reduced tenfold. Preparations were used in the Northern forest-steppe of Priobye to protect spring wheat of the Novosibirsk 31 and spring barley of the Acha variety from the negative impact of herbicides. Culture were sown on the predecessor of potatoes and was treated in the tillering tank mixture scorpio super (0,7 l/ha), grench (7 g/ha) and trend (0.2 l/ha). Inside of crops in small experiments, the herbicides were added to the studied drugs. It is revealed that the use of IMC with fullerene contributed to the rapid recovery of grain crops after chemical treatment, leading to an increase in plant biomass and the size of flag leaves and ears. Economic and economic efficiency of use of studied preparations is established. Yield of spring wheat grain under the influence of the preparation containing IMK, fullerene C60 and nutrients increased by 22.3 %, barley by 10.6 %, under the influence of another drug by 14.5 %. A crucial role in yield formation on the culture of barley was played by changes in the density of productive stalks and the number of kernels in wheat on spring wheat – the fulfillment of grain.

В последние десятилетия в биотехнологии стало успешно развиваться новое направление: для повышения продуктивности растений все шире используют наночастицы. В мировой сельскохозяйственной практике применяют три вида наночастиц: металлы (цинк, алюминий и др.), оксиды и углеродные наноматериалы [1], на основе которых производят нанопрепараты, используемые в растениеводстве в качестве удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений [2–4].

Углеродные наноматериалы имеют размерность от нескольких единиц до 100 нм и представляют собой многослойные и однослойные цилиндры – нанотрубки или фуллерены сферической формы. Их используют как носители агрохимикатов, поскольку, благодаря уникальным физико-химическим свойствам, углеродные наноматериалы хорошо сорбируют важные для роста и развития растения вещества и значительно облегчают их доставку в клетки [5]. Есть сведения, что применение наноуглерода повышает всхожесть семян и способствует росту многих культур [6, 7], например, у пшеницы под влиянием фуллеренов увеличивается поглощение семенами воды, удлиняются клетки корневой системы, повышается активность дегидрогеназы, осуществляющей клеточные реакции, связанные с окислительными процессами [8].

Сегодня в России на основе супрамолекулярных наноструктур получены новые препараты, являющиеся аддуктами фуллеренов с регулятором роста индолилмасляной кислотой (ИМК) [9]. Регуляторы роста различной природы в последние годы широко используют для защиты культур от негативного воздействия гербицидов [10–14 и др.]. Считается, что их добавление в баковую смесь уменьшает токсический эффект гербицидов для самой культуры и повышает ее устойчивость к действию других неблагоприятных факторов: к высоким и низким температурам, болезням, засолению и т.д. Биологическая активность ИМК, соединенной с наноуглеродом, проявляется при очень низких дозировках, на порядок меньше, чем рекомендуемая концентрация самого фитогормона, что сказывается на качестве производимой продукции и конечной ее стоимости [9].

Цель данной работы – исследовать влияние препаратов, аддуктов наноуглеродных частиц с ИМК, на рост и продуктивность яровой пшеницы и ячменя при применении совместно с гербицидами.

Работу выполняли в северной лесостепи Приобья на опытном поле НГАУ в Учхозе «Тулинское» Новосибирского района Новосибирской области. Почва участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса в слое 0–20 см 6,7 % и pH почвенного раствора 6,4. Опыты закладывали как полевые мелкоделяночные внутри производственных посевов яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 и ярового ячменя сорта Ача. Предшествующая культура – картофель. В качестве основной обработки почвы на участке применяли зяблевую вспашку на глубину 22 см, боронование весной и предпосевную культивацию. Делянки опыта разбивали в массиве пшеницы и ячменя перед химической прополкой. Площадь делянки в опыте с пшеницей составляла 12 м², с ячменем – 10 м², повторность была трехкратной, размещение рендомизированным.

В фазу кущения посевы обработали баковой смесью гербицидов Скорпио-супер (д.в. феноксапроп-П-этил, флоринтосет-мексил, 0,7 л/га) + Гренч (метсульфурон-метил, 7 г/га) + Тренд (этоксилат изо-

децилового спирта, 0,2 л/га). В качестве антидепрессантов к гербицидам использовали 2 препарата, полученные из ООО НПО «БИНАМ». Первый представлял собой комплекс ИМК с фуллереном (2-этил-индол-3-п-пропилено 3,6:1.2 [60] фуллерен, индолил-3-масляную кислоту), второй – тот же комплекс ИМК с фуллереном с дополнительно добавленными макро- и микроэлементами. Здесь были: а) биологические активные вещества (мг/л): 2-этил-индол-3-п-пропилено 3,6:1.2 [60] фуллерен – 50; 4- (индолил-3) масляная кислота – 10; никотиновая кислота – 40; глицин – 40; пиридоксин – 40; тиамин – 40; б) макроэлементы (г/л): N – 70,8, P – 3,5, K – 57,2, Mg – 3,20; в) микроэлементы (мг/л): Fe хелатное – 45, Zn – 16, Cu – 5, Mn – 65, Mo – 5, B – 85, I – 5, Co – 5. Норма расхода препарата, являющегося комплексом ИМК с фуллереном, составляла 20 мл/га, а препарата с дополнительными добавками 160 мл/га.

Химическую обработку провели с помощью ранцевого опрыскивателя с нормой расхода рабочего раствора 500 л/га.

В опытах учли надземную биомассу культур (в фазу цветения), 4 морфометрических показателя роста растений (площадь флагового листа, высоту стебля, длину колосьев, диаметр соломины), урожайность и ее структуру. Для отбора биомассы использовали проволочную рамку 50 x 50 см, биомассу учли весовым методом. Площадь листовой поверхности рассчитали по формуле В. В. Аникеева и Ф. Ф. Кутузова (1961): $S = (Д \times Ш) \times 0,67$, где Д – длина листа, Ш – ширина листа; 0,67 – коэффициент перерасчета для ячменя. Учёт биологической урожайности провели отбором снопов с 1 м². Повторность учётов пяти- и шестикратная. Структуру урожайности определили согласно [15].

Данные обработали дисперсионным анализом по программе SNEDECOR. Контролем к изучаемым аддуктам фуллеренов с ИМК служил вариант с опрыскиванием посевов баковой смесью гербицидов без антидепрессантов.

Исследования провели в засушливый и теплый год с суммой осадков за вегетацию 167 мм при средней многолетней норме 224 мм (табл. 1).

В мае осадков выпало 86,5% от нормы, в июне – 69, а в августе недобор нормы составил уже 70%. Июль же был дождливым. Такое неравномерное выпадение осадков отрицательно сказалось на урожайности яровой пшеницы, посеянной в поздний срок, 31 мая, и не повлияло на продуктивность ячменя, посеянного в середине месяца.

Антистрессовое действие комплексов ИМК с нанокуглеродом на культуры было установлено нами, прежде всего, по интегральному показателю их роста и развития: вкладу в формирование надземной вегетативной массы. Ее учеты провели через 21 день после химической прополки.

Таблица 1

**Метеорологические показатели вегетационного периода в
Новосибирском районе в 2016 г. (данные ГМС «Огурцово»)**

Месяц	Декада	Температура, °С			Осадки, мм		
		фактиче- ская	средне- месячная	отклонение от мно- голетней нормы	фактические	сумма за месяц	% от многолет- ней нормы
Май	1	6,5	10,3	-0,6	7	32	86,5
	2	8,7			11		
	3	15,8			14		
Июнь	1	17,5	19,7	+2,8	0	38	69
	2	20,5			28		
	3	21,1			10		
Июль	1	19,9	20,2	+0,8	47	77	126,2
	2	21,0			16		
	3	19,8			14		
Август	1	18,2	17,4	+1,2	12	20	29,9
	2	18			0		
	3	15,9			8		

Выявили, что препарат, содержащий кроме фитогормона и фуллерена целый спектр добавок, уменьшил токсическое воздействие гербицидов на обе изучаемые культуры (рис. 1, 2). На его фоне сырая биомасса растений пшеницы достоверно превысила контроль на 7,3, а ячменя – на 42,5%.

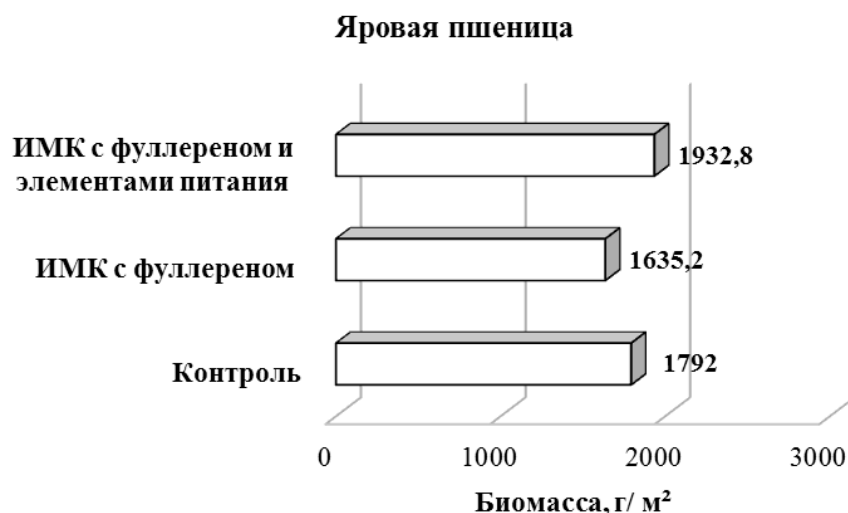


Рис. 1. Изменение сырой биомассы пшеницы в фазе цветения под влиянием антидепрессантов на основе ИМК с фуллереном ($HCp_{05} = 131,2$ г)

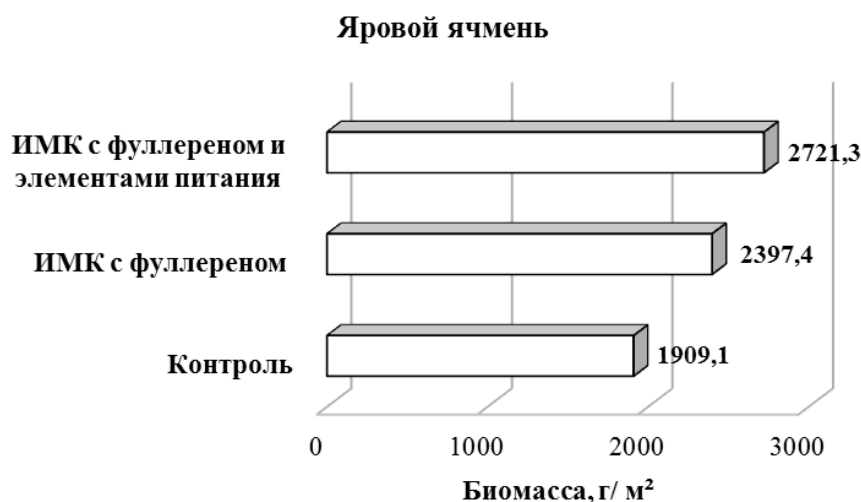


Рис. 2. Изменение сырой биомассы ячменя в фазе цветения под влиянием антидепрессантов на основе ИМК с фуллереном ($HCp_{10} = 331,4$ г)

Действие другого препарата, представляющего собой чистый аддукт ИМК с фуллереном, на биомассу растений было неоднозначным. У яровой пшеницы надземная фитомасса на фоне этого антидепрессанта в фазу цветения оказалась меньше, чем в контроле, у ярового ячменя – выше на 25,6 %.

В целом дисперсионный анализ показал, что влияние испытываемых антидепрессантов на накопление фитомассы зерновых культур было достаточно большим (степень влияния по Снедекору в опытах составила 54,2 %), а коррелятивная связь этого показателя с урожайностью – средней силы (коэффициент корреляции $r = 0,649 \pm 0,141$).

Биомасса растений под влиянием комплексного антидепрессанта с ИМК, фуллереном и биологически активными веществами и элементами в опытах увеличилась за счет прироста стеблей, размера колоса и листьев (табл. 2, рис. 3). К моменту цветения листья верхнего яруса (флаговые) в этом варианте были крупнее контроля на 13,6 %. Так как это самые большие и долгоживущие из стеблевых листьев, им принадлежит решающее значение в ассимиляционной работе растения в период формирования зерновок. Колос у яровой пшеницы при применении данного антидепрессанта к моменту уборки оказался достоверно больше контроля на 8 % (8,1 см против 7,5 в контроле), у ярового ячменя – на 9,4 % (соответственно 7,0 см против 6,4).

Таблица 2

Влияние аддуктов фуллерена C_{60} с ИМК как антидепрессантов к гербицидам на морфометрические параметры яровой пшеницы сорта Новосибирская 31

Вариант	Высота стебля		Длина колоса		Диаметр соломины	
	см	разница с контролем, см	см	разница с контролем, см	мм	разница с контролем, мм
Контроль, опрыскивание гербицидами	83,5		7,5		2,7	
ИМК с фуллереном C_{60} + гербициды	84,5	+1,0	8,0	+0,6	2,3	-0,4
ИМК с фуллереном C_{60} и питательными элементами + гербициды	87,8	+4,3	8,1	+0,7	2,4	-0,3
НСР ₀₅	4,3		0,5		0,3	

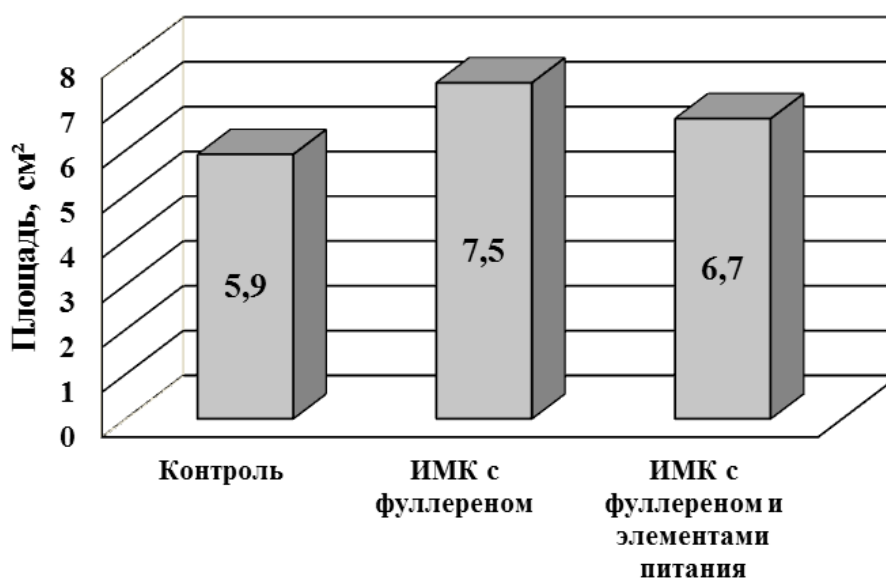


Рис. 3. Площадь флагового листа ярового ячменя на фоне антидепрессантов ИМК с нанотуглеродом. Фаза начала цветения (НСР₀₅ = 0,5)

Под влиянием препарата, представляющего собой простой комплекс ИМК с фуллереном C_{60} , у растений укрупнялись флаговые листья и удлинялись колосья. Увеличение размеров флагового листа на ячмене в этом варианте составило 27,1 % относительно контроля, а колос был больше контрольного варианта на 0,8 см, или на 12,5 %. Длина колоса у растений пшеницы под влиянием данного антидепрессанта увеличилась до 8,0 см, или на 6,6 % относительно контроля (см. табл. 2).

В целом обработка посевов препаратами ИМК с нанотуглеродом для защиты от стрессового воздействия гербицидов положительно сказалась на ростовых процессах яровой пшеницы и ярового ячменя. Они содействовали росту стебля и колоса и увеличивали площадь флагового листа. Но при этом следует упомянуть, что применение модифицированной нанотуглеродом ИМК на яровой пшенице способствовало утончению соломины растений. Поскольку сорт пшеницы Новосибирская 31, на котором выполнялась работа, согласно классификации ВИР относится к низкорослым сортам (высота стебля в пределах 85–104 см), он устойчив к полеганию. Но при работе со среднерослыми сортами в увлажненный год необходимо будет вносить коррективы в технологию выращивания пшеницы. Например, к модифицированному нанотуглеродом ростостимулятору добавлять бактериальный препарат Фитоп 8.67. В наших исследованиях примененный в той же баковой смеси с гербицидами и антидепрессантами Фитоп 8.67 нивелировал нежелательное влияние изучаемых антидепрессантов на толщину стебля, увеличив диаметр соломины пшеницы почти до уровня контроля.

Сопряженно с морфометрическими параметрами роста и биомассой растений изменялась под влиянием препаратов ИМК с нанотуглеродом зерновая продуктивность яровых культур (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние аддуктов фуллерена C₆₀ с ИМК как антидепрессантов к гербицидам
на урожайность зерновых культур и ее структуру**

Вариант	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность	
				г/м²	прибавка к контролю, ц/га
Яровая пшеница					
Контроль, опрыскивание гербицидами	1,07	20,6	21,2	157,1	
ИМК с фуллереном C ₆₀ + гербициды	1,07	19,1	22,0	167,9	+1,1
ИМК с фуллереном C ₆₀ и питательными элементами + гербициды	1,06	20,0	23,8	192,7	+3,5
НСР ₀₅	0,09	2,1	1,8	17,4	+1,7
Яровой ячмень					
Контроль, опрыскивание гербицидами	2,04	17,6	42,3	392,2	
ИМК с фуллереном C ₆₀ + гербициды	2,20	19,2	41,6	449,0	+5,7
ИМК с фуллереном C ₆₀ и питательными элементами + гербициды	2,22	18,9	42,5	433,8	+4,2
НСР ₀₅	0,23	1,1	1,0	26,0	+2,6

Достоверный хозяйственный эффект на яровой пшенице Новосибирская 31 обеспечил при применении в качестве антидепрессанта к гербицидам более сложный из изученных препаратов. В этом варианте дополнительно с каждого квадратного метра площади было получено 35,6 г зерна, что составило 22,3 %, или 0,35 т/га. Из проанализированных элементов структуры урожая прибавку зерна пшеницы обеспечила масса 1000 зерен: выполненность зерновок на фоне комплекса ИМК с фуллереном и питательными элементами увеличилась относительно контроля на 12,3 %.

Та же закономерность укрупнения зерновок яровой пшеницы прослеживалась и на другом, более простом по составу препарате, но отличия с контролем здесь были математически недостоверными. Густота стояния растений культуры в вариантах опыта колебалась незначительно, в пределах 389–396 шт. на 1 м², также мало отличались по вариантам величины продуктивного стеблестоя и число зерен в колосе яровой пшеницы.

На посеянном в оптимальные для зоны сроки яровом ячмене Ача максимальный антистрессовый эффект обеспечил препарат ИМК с нанокуглеродом без биологически активных добавок. Урожайность зерна от применения этого препарата в опыте возросла на 56,8 г с 1 м², или на 14,5 %. Менее заметным на растения ячменя было антистрессовое действие более сложного по составу антидепрессанта. Урожайность ячменя на его фоне возросла на 41,6 г зерна с 1 м², или на 10,6 %.

Анализ структуры биологической урожайности ячменя показал, что решающая роль в формировании урожая при применении препаратов с нанокуглеродом и ИМК на этой культуре была у густоты продуктивного стеблестоя и озерненности колоса.

Уровень рентабельности использования лучших из изученных препаратов на яровой пшенице составил 167,8 % против 141 в контроле, на яровом ячмене – 261 % против 213,6. Уровень рентабельности совместного применения гербицидов и модифицированных фуллереном ростостимуляторов на ячмене был равен 1374,3 %, т.е. на каждые 100 руб. дополнительных затрат могло быть получено 1374,3 руб. дополнительной прибыли.

Приведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Применение фуллеренсодержащих регуляторов роста на основе ауксина ИМК на яровой пшенице и яровом ячмене совместно с гербицидами способствовало быстрому восстановлению зерновых культур после гербицидных обработок.

2. Данные препараты с многократно сниженной за счет фуллеренов дозировкой ИМК активизировали ростовые процессы у яровой пшеницы и ячменя, что положительно сказалось на размере флаговых листьев и колосьев, площадь и длина которых соответственно увеличились на 13,6–27,1 и 6,6–12,5 %.

3. Лучший хозяйственный эффект на яровой пшенице Новосибирская 31 при применении в качестве антидепрессанта к гербицидам обеспечил препарат, содержащий кроме ИМК с фуллереном питательные элементы. Он повысил урожайность культуры относительно варианта с баковой смесью гер-

бицидов (контроля) на 22,3 %. У ячменя сорта Ача превышение урожайности зерна над контролем под действием данного препарата составило 10,6 %, а под действием одного аддукта ИМК с фуллереном – 14,5 %.

4. Использование ростостимуляторов на основе ИМК с фуллеренами является экономически оправданным и может повысить эффективность возделывания зерновых культур в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Chen H., Yada R.* Nanotechnologies in Agriculture: New tools for sustainable developments // Trends in Food Science and Technology. – 2011. – N 22. – P. 585–594.

2. *Тарасова Е. Ю., Коростелева В. П., Пономарев В. Я.* Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т. 15, № 21. – С. 121–122.

3. *Коробова Л. Н., Чичварин А. В., Коробов В. А.* Эффективность наносоединений фунгицидов с углеродом // Защита и карантин растений. – 2016. – № 8. – С. 33–34.

4. *Agrawal S., Rathore P.* Nanotechnology pros and cons to agriculture: a review // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2014. – N 3. – P. 43–55.

5. *Plant-nanoparticle interaction: An approach to improve agricultural practices and plant productivity / A. Singha, N. B. Singha, I. Hussaina, H. Singha, S. C. Singh* // International Journal of Pharmaceutical Science Invention. – 2015. – Vol. 4, 8. – P. 25–40.

6. *Nanotechnology and Food Industry / F. J. Gutiérrez, M. L. Mussons, P. Gatón, R. Rojo* // Scientific, Health and Social Aspects in the Food Industry, B. Valdez, M. Schorr, R. Zlatev, eds. – Rijeka, Croatia, 2011. – P. 95–128.

7. *Влияние фуллеренсодержащих ростостимулирующих препаратов на зерновые и пропашные культуры / В. А. Коробов, Л. Н. Коробова, А. В. Чичварин, Д. С. Иванов* // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. – Новосибирск, 2017. – Ч. 2. – С. 147–150.

8. *Tripathi S., Sarkar S.* Influence of water soluble carbon dots on the growth of wheat plant // Applied Nanoscience. – 2015. – N 5. – P. 609–616.

9. *Синтез и исследование биологической активности аддукта смеси фуллеренов и индолилмасляной кислоты / А. В. Чичварин, Т. И. Игуменова, Н. Р. Прокопчук, К. В. Вишневский* // Тр. БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2015. – № 4. – С. 49–54.

10. *Стрелков В. Д.* Проблемы поиска новых результатов роста растений и гербицидных антидотов // Агро XXI. – 2000. – № 10. – С. 8–9.

11. *Новокрешинов Е. П.* Повышение адаптивности яровой пшеницы к стрессовому воздействию гербицидов: дис. ... канд. с.-х. наук. – Челябинск, 2005. – 124 с.

12. *Коробов В. А., Коробова Л. Н.* Применение Бактофита в качестве антидепрессанта // Защита и карантин растений. – 2007. – № 3. – С. 41–42.

13. *Коробов В. А., Коробова Л. Н.* Гуминатрин на яровой пшенице // Защита и карантин растений. – 2009. – № 5. – С. 29.

14. *Холдобина Т. В.* Экологическое состояние агроценоза яровой пшеницы при применении препаратов природного происхождения: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2013. – 132 с.

15. *Практикум по селекции и семеноводству полевых культур / Ю. Б. Коновалов, А. Н. Березкин, Л. И. Долгодворова [и др.].* – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

REFERENCES

1. *Chen H., Yada R.* Nanotechnologies in Agriculture: New tools for sustainable developments // Trends in Food Science and Technology. – 2011. – N 22. – P. 585–594.

2. *Tarasova E. Yu., Korosteleva V. P., Ponomarev V. Ya.* Primenenie nano-tehnologiy v selskom hozyaystve // Vestn. Kazan. tehnol. un-ta. – 2012. – T. 15, № 21. – S. 121–122.

3. *Korobova L. N., Chichvarin A. V., Korobov V. A.* Effektivnost nanosoedineniy fungitsidov s uglerodom // Zashchita i karantin rasteniy. – 2016. – № 8. – S. 33–34.

4. Agrawal S., Rathore P. Nanotechnology pros and cons to agriculture: a re-view // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2014. – N 3. – R. 43–55.
5. Plant-nanoparticle interaction: An approach to improve agricultural practices and plant productivity / A. Singha, N.B. Singha, I. Hussaina, H. Singha, S.C. Singh // International Journal of Pharmaceutical Science Invention. – 2015. – Vol. 4, # 8. – P. 25–40.
6. Nanotechnology and Food Industry/ F.J. Gutiérrez, M.L. Mussons, P. Gatón, R. Rojo // Scientific, Health and Social Aspects in the Food Industry, B. Valdez, M. Schorr, R. Zlatev, eds. – Rijeka, Croatia, 2011. – P. 95–128.
7. Vliyanie fullerensoderzhaschih rostostimuliruyuschih preparatov na zernovyye i propashnyie kulturyi / V.A. Korobov, L.N. Korobova, A.V. Chich-varin, D.S. Ivanov// Agrarnaya nauka – selskohozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana, Belarusi i Bolgarii: sb. nauch. dokl. – No-vosibirsk, 2017. – Ch. 2. S. 147–150.
8. Tripathi S., Sarkar S. Influence of water soluble carbon dots on the growth of wheat plant // Applied Nanoscience. – 2015. – N 5. – R. 609–616.
9. Sintez i issledovanie biologicheskoy aktivnosti addukta smesi fulle-renov i indolilmaslyanoy kislotyi / A.V. Chichvarin, T.I. Igumenova, N.R. Prokopchuk, K.V. Vishnevskiy// Tr. BGTU. Ser. 2. Himicheskie tehnologii, biotekhnologiya, geoeкологиya. – 2015. – № 4. – S. 49–54.
10. Strelkov V.D. Problemyi poiska novyih rezultatov rosta rasteniy i gerbitsidnyih antidotov // Agro HHI. – 2000. – № 10. – S. 8–9.
11. Novokreschinov E.P. Povyishenie adaptivnosti yarovoy pshenitsyi k stres-ovomu vozdeystviyu gerbitsidov: dis. ... kand. s. – h. nauk. – Chelyabinsk, 2005. – 124 s.
12. Korobov V.A., Korobova L.N. Primenenie Baktofita v kachestve antide-pressanta // Zashita i karantin rasteniy. – 2007. – № 3. – S. 41–42.
13. Korobov V.A., Korobova L.N. Guminatrin na yarovoy pshenitse // Zashita i karantin rasteniy. – 2009. – № 5. – S. 29.
14. Holdobina T.V. Ekologicheskoe sostoyanie agrotsenoza yarovoy pshenitsyi pri primenenii preparatov prirodnogo proishozhdeniya: dis. ... kand. biol. nauk. – Novosibirsk, 2013. – 132 s.
15. Praktikum po selektsii i semenovodstvu polevyih kultur /Yu.B. Kono-valov, A.N. Berezkin, L.I. Dolgodvorova [i dr.]. – M.: Agropromizdat, 1987. – 367 s.