



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

УДК: 632.952.:621.926.47

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОКОМПЛЕКСОВ ТЕБУКОНАЗОЛА С ПОЛИСАХАРИДАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТЬЕВ

<sup>1</sup>Власенко Н.Г., <sup>1</sup>Теплякова О.И., <sup>2</sup>Душкин А.В.

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>2</sup>Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук  
Новосибирск, Россия

**Для цитирования:** Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Душкин А.В. Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

**For citation:** Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Dushkin A.V. Primenenie mekhanokompleksov tebukonazola s polisakharidami rastitel'nogo proiskhozhdeniya dlya zashchity yarovoi pshenitsy ot boleznei list'ev [Application of mechano-complexes of tebuconazole with vegetable organic polysaccharides for protection of spring wheat from leaf diseases]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучены возможности использования супрамолекулярных комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против болезней листьев яровой пшеницы. Эксперимент (2018, 2019 гг.) проведен в посевах сортов Новосибирская 31 и Обская 2 в лесостепной зоне Западной Сибири. Результаты испытаний сравнивали с эффективностью фунгицида Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л, норма расхода 1 л/га). Однократное применение комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки (соотношение 1 : 5) и арабиногалактаном (соотношение 1 : 10) с нормой расхода 0,5 кг/га в начале колошения пшеницы подавляло развитие септориоза, бурой ржавчины и мучнистой росы в течение 30 дней после обработки. Биологическая эффективность

## APPLICATION OF MECHANOCOMPLEXES OF TEBUCONAZOLE WITH VEGETABLE ORGANIC POLYSACCHARIDES FOR PROTECTION OF SPRING WHEAT FROM LEAF DISEASES

<sup>1</sup>Vlasenko N.G., <sup>1</sup>Teplyakova O.I., <sup>2</sup>Dushkin A.V.

<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Centre of AgroBio-Technologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Novosibirsk, Russia

The possibilities of using the supramolecular complexes of tebuconazole with plant polysaccharides against diseases of spring wheat leaves were studied. The experiment (2018, 2019) was conducted in the crops of Novosibirskaya 31 and Obkaya 2 varieties in the forest-steppe zone of Western Siberia. The test results were compared with the efficiency of fungicide Follicur, EC (active ingredient tebuconazole, 250 g / l, flow rate 1 l / ha). A single use of complexes of tebuconazole with licorice root extract (ratio 1 : 5) and arabinogalactan (ratio 1 : 10) with the consumption rate of 0.5 kg / ha at the beginning of wheat earing phase suppressed the development of Septoria, brown rust and powdery mildew within 30 days after treatment. The biological effectiveness of the studied complexes in the

изучаемых комплексов на посевах сорта Новосибирская 31 была высокой и составила 95,0 и 85; 98,5 и 95,3; 86,4 и 71,0% соответственно (эталона – 97,5; 99,4 и 98,9%). Пораженность септориозом Обской 2 снизилась на 92,3 и 94,0%, в варианте с Фоликуром – на 99,8%. Фунгицидные комплексы увеличивали ассимиляционную поверхность флагового листа у Новосибирской 31 на 34,8 и 35,8%, Обской 2 на 32,4 и 22,9%, Фоликур на 29,8 и 26,1%. Отмечено также повышение числа зерен в колосе у Новосибирской 31 на 26,7 и 23,3%, у Обской 2 на 11,4 и 8,9%, при применении Фоликура на 27,6 и 7,1%. Масса 1000 зерен у Новосибирской 31 возросла на 18,1 и 18,7%, у Обской 2 на 13,7 и 14,1%, что больше, чем в варианте с Фоликуром 9,1 и 6,2%. Масса зерна главного колоса при обработке пшеницы Новосибирская 31 и Обская 2 комплексом тебуконазола с экстрактом корней солодки увеличилась на 50,0 и 20,2%, с арабиногалактаном – на 44,9 и 17,7%, что выше показателей эталона – 39,8 и 14,6%. Защита посевов изучаемыми комплексами обеспечила повышение урожайности зерна яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31 на 18,7 и 17,8%, Обская 2 на 19,8 и 14,8% (Фоликуром на 16,2 и 12,1%). Применение механокомплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном при снижении норм расхода действующего вещества примерно в 2,9 и 5,6 раза обеспечивает эффективность не ниже или даже выше, чем коммерческий фунгицид Фоликур.

**Ключевые слова:** мягкая яровая пшеница, механокомплекс, тебуконазол, экстракт солодки, арабиногалактан, урожайность

## ВВЕДЕНИЕ

Интегрированное управление фитосанитарным состоянием агроценозов предусматривает использование всех известных способов защиты, способных эффективно влиять на продуктивность растения-хозяина. Конкретные возможности увеличения производства продукции за счет улучшения защиты растений от вредных организмов, с распространением которых связаны потери урожая, определяются плотностью популяций и их вредоносностью. Агротехнологии, разработанные на основании оценки болезнеустойчивости или болезневыносливости растения-хозяина, эффективности новых

crops of cultivar Novosibirskaya 31 was high and accounted for 95.0% and 85%; 98.5% and 95.3%; 86.4% and 71.0%, respectively (the standard is 97.5%, 99.4% and 98.9%). The prevalence of Septoria in Obskaya 2 decreased by 92.3% and 94.0%, in the variant with Folicur – by 99.8%. Fungicidal complexes increased the assimilation surface of the flag leaf of Novosibirskaya 31 by 34.8% and 35.8%, Obskaya 2 – by 32.4% and 22.9%, and in the variant with Folicur – by 29.8% and 26.1%. There was also an increase in the number of grains in the ear in Novosibirskaya 31 by 26.7% and 23.3%, in Obskaya 2 – by 11.4% and 8.9%, with Folicur – by 27.6% and 7.1%. The mass of 1000 grains in Novosibirskaya 31 increased by 18.1% and 18.7%, in Obskaya 2 – by 13.7% and 14.1%, which is higher than in the variant with Folicur (9.1% and 6.2%). The grain weight in the main ear during treatment of Novosibirskaya 31 and Obskaya 2 wheat with the complex of tebuconazole with licorice root extract increased by 50.0% and 20.2%, with arabinogalactan – by 44.9% and 17.7%, which is higher than the standard (39.8% and 14.6%). The protection of crops by the studied complexes ensured an increase in the grain yield of spring common wheat Novosibirskaya 31 by 18.7% and 17.8%, Obskaya 2 – by 19.8% and 14.8%, (with Folicur – by 16.2% and 12.1%). The use of mechanocomplexes of tebuconazole with licorice root extract and arabinogalactan while reducing the consumption rates of the active ingredient by about 2.9 and 5.6 times ensures the efficiency which is not lower, but in some cases even higher than that of the commercial fungicide Folicur.

**Keywords:** spring common wheat, mechanocomplex, tebuconazole, licorice extract, arabinogalactan, yield

препаратов, их норм расхода, могут обеспечивать высокие урожаи [1–3]. Постоянные изменения в патогенных комплексах, появление новых видов, рас, патотипов, представляющих большую фитосанитарную опасность, усиление развития и вредоносности биообъектов, ранее не имевших хозяйственного значения, требуют поиска новых высокоэффективных и экологических препаративных форм препаратов. Такие препаративные формы должны быть способны в различных агроклиматических регионах нивелировать фитосанитарно-экономические риски и снижать опасность применения химического метода<sup>1</sup> [4, 5]. В рамках ком-

<sup>1</sup>Гришечкина Л.Д. Агробиологическое и экотоксикологическое обоснование формирования ассортимента фунгицидов для защиты пшеницы: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. СПб., 2018. 36 с.

плексных методов защиты, где норма расхода фунгицида и время его применения рассчитываются на основе устойчивости сортов и инфекционной ситуации в поле, рассматривается использование уменьшенных норм расхода [6], возможность воздействия на формирование инфекционных структур малоопасными биофунгицидными соединениями [7], индуцирующими в растениях устойчивость как к болезням, так и к физиологическим стрессам [8, 9]. Ведется разработка и создание наноразмерных фунгицидов с улучшенной растворимостью, прилипаемостью и объемами удерживания фунгицида на поверхностях листьев [10]. Пестицидные препараты с фунгицидной активностью и наноразмерными частицами существенно повышают биологическую эффективность в отношении действия на целевые организмы, обеспечивая снижение гектарных норм их расхода. В качестве перспективных форм рассматриваются углеродные наноструктуры – водорастворимые производные фуллеренов, способных стимулировать рост яровой пшеницы, накопление биомассы листьев, стеблей и корней [11, 12]. В качестве альтернативы старым коммерческим препаратам предлагается использовать нанокомплексные формы [13], микроэмульсии, концентраты микроэмульсий и коллоидных растворов, которые обеспечивают прибавки урожая на уровне либо выше препаратов в традиционных препаративных формах. Их высокая эффективность и однократное применение позволяют снизить токсическую нагрузку на агроценозы и широко использовать в современных системах защиты яровой пшеницы [14].

Цель исследования – оценить эффективность фунгицидных супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и полисахаридом арабиногалактаном против болезней листьев яровой мягкой пшеницы, выявить наличие росто-регулирующих свойств препаратов, их влияние на продукционный процесс и сохранность урожая зерна.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИЗиХ СФНЦА РАН), расположенном в Центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. В опытах использовали два сорта яровой мягкой пшеницы – Обская 2 и Новосибирская 31, которые размещали по паровому предшественнику. Посев осуществляли в начале III декады мая с нормой высева 6 млн всхожих зерен/га. Опыты включали четыре варианта:

- 1) контроль без обработки фунгицидами;
- 2) Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л) – эталон с нормой расхода 1 л/га;
- 3) супрамолекулярный комплекс тебуконазола с растительными метаболитами – экстрактом корней солодки *Glycyrrhiza uralensis* (1 : 5; ВМ 24 ч), норма расхода препарата 0,5 кг/га;
- 4) супрамолекулярный комплекс тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном, выделяемым из древесины лиственниц *Larix sibirica* и *Larix gmelinii* (1 : 10; ВМ 6 ч), норма расхода препарата 0,5 кг/га.

Приготовление сухих композиций – комплексов тебуконазола с экстрактом солодки и тебуконазола с арабиногалактаном – осуществляли по оригинальной механохимической технологии, описанной ранее<sup>2</sup> [15–18]. Обработку посевов фунгицидами против комплекса болезней листьев проводили в начале колошения ручным опрыскивателем с нормой расхода рабочей жидкости 300 л/га. Семена перед посевом обрабатывали системным фунгицидом. Посевы в фазе кущения опрыскивали баковой смесью дикотицида и граминицида против комплекса сорняков. Наблюдения за развитием болезней пшеницы (септориоз – *Septoria nodorum* Berk. *Septoria tritici* Rob. et Desm., бурая листовая ржавчина – *Puccinia recondita* Rob. et Desm.; мучнистая роса – возбудитель



*Blumeria graminis* (DC) Speer. (синоним *Erysiphe graminis* DC) *f. tritici* Em. Marchal (порядка *Erysiphales*) проводили в динамике согласно рекомендациям [19]. Площадь флаг-листа главного побега ( $n = 100$ ) определяли методом промеров [20] с поправочным коэффициентом 0,67 в фазе молочной спелости, показатели структуры колоса ( $n = 100$ ) перед уборкой опыта<sup>3</sup>. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием («Сампо-500») 5 и 3 сентября. Урожайность приводили к стандартной влажности и чистоте. Математическую обработку данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Снедекор<sup>4</sup>.

По метеорологическим показателям 2018 г. существенно отличался от среднеемноголетних показателей, особенно в начале вегетации пшеницы. Температура воздуха в мае зарегистрирована ниже нормы на 3,3 °С на фоне обильных осадков, превысивших среднеемноголетние значения в 2,3 раза. Июнь по температурному режиму отмечен выше среднеемноголетних показателей на 2,4 °С, при этом норма осадков превышена в 1,2 раза. В июле температура воздуха в среднем за месяц была близка к норме, но в I и III декадах зафиксирована ниже среднеемноголетних значений на 1,1 и 2,8 °С. во II декаде превысила их на 2,5 °С. При этом осадков в I декаду выпало в 1,9 раза меньше нормы, во II декаду они практически отсутствовали, в III их было в 2 раза больше нормы. В I декаде августа температура воздуха была на 2,1 °С ниже среднеемноголетних значений, во II и III – превысила их на 2,4 и 2,0 °С. В августе отмечен дефицит осадков, их выпало в 1,9 раза меньше нормы, при этом в I и II декадах – в 6,3 и 7,4 раза ниже, в III – в 1,3 раза больше нормы.

В целом по метеорологическим показателям 2019 г. был неблагоприятным для формирования высокой продуктивности растений. Температура воздуха в мае была на

уровне нормы, незначительный недобор составил только во II декаде – на 1,3 °С. Обильные осадки выпали лишь в III декаде месяца и за счет этого приход атмосферной влаги превысил месячную норму в 1,2 раза. Июнь и июль по температурному режиму близки к среднеемноголетним, однако в июне был недобор тепла в III декаде на 1,2 °С, в июле наблюдали превышение температуры воздуха в I и II декадах на 0,7 °С и такой же недобор тепла в III декаде. При этом в июне осадков выпало всего около 45% нормы, особенно мало их было в I и III декадах – в 2,0 и 7,4 раза ниже среднеемноголетних значений соответственно. Таким образом, кушение пшеницы проходило в крайне неблагоприятных погодных условиях. В июле осадки выпадали крайне неравномерно – практически отсутствовали в III декаде и превысили норму на 13,0 и 38,0 мм в I и II, что дало превышение среднеемноголетнего показателя в 1,4 раза. Август отмечен теплым и сухим. Температура в течение всего месяца зарегистрирована выше среднеемноголетних показателей по декадам на 3,1; 1,8 и 2,9 °С соответственно, за месяц температурные значения превысили норму в 1,2 раза. Недобор осадков на протяжении всего месяца составил: в I декаде августа – в 15,0 раз, во II и III – в 2,2 и 2,0 раза соответственно. В результате урожайность сорта Новосибирская 31 в 2018 г. варьировала от 5,36 до 6,02 т/га, Обская 2 – от 4,72 до 5,67, в 2019 г. – от 3,16 до 4,03 и от 3,55 до 4,24 т/га соответственно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В годы исследований посева поражались характерными и распространенными в лесостепной зоне Западной Сибири болезнями листьев – септориозом, бурой ржавчиной и мучнистой росой. Все три заболевания ежегодно развивались на листьях пшеницы Новосибирская 31. Растения сорта Обская 2 по-

<sup>2</sup>Патент РФ № 2619249, МПК: А01N43/653, Композиция для протравливания семян и способ ее получения / А.В. Душкин, Е.С. Метелева, Н.Г. Власенко, О.И. Теплякова, С.С. Халиков. Заявл. 07.11.2016, опубл. 12.05.2017.

<sup>3</sup>Ещенко В.Е., Трифонова М.Ф., Копытко П.Г., Соловьев А.М., Фирсов И.П., Шевченко В.А. Основы опытного дела в растениеводстве. М.: Колос, 2009. 268 с.

<sup>4</sup>Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, РПО. 2012. 282 с.

ражались в большей мере септориозом, незначительно – мучнистой росой и в единичных случаях – бурой ржавчиной (см. табл. 1).

Интенсивность и динамика поражения растений септориозом в посевах Обской 2 детерминировались условиями года. В 2018 г. более сильное проявление заболевания отмечено в нижнем ярусе растений, с высотой интенсивность снижалась. В фазе колошения пшеницы распространенность септориоза достигла 89 и 44 % (3-й и 2-й сверху лист), в 2019 г. – 10% (3-й и 2-й сверху лист), индексы развития составили 6,04; 0,44 и 0,1% соответственно. Однако в 2019 г. уже через 12 дней после выколашивания распространенность септориоза в незащищенных посевах Обской 2 достигала 83,0% (2-й сверху лист) и 56% (1-й сверху лист). Флаговый лист пшеницы Обская 2 к фазе молочно-восковой спелости поражен в 2,3 раза сильнее, чем в условиях 2018 г. Развитие септориоза в посевах Новосибирской 31 сдерживали две другие болезни. В 2018 г. – бурая ржавчина, поражающая флаговый лист практически всех незащищенных растений (распространенность 97%, индекс развития болезни в фазе молочно-восковой спелости зерна 60,8%). В 2019 г. – бурая ржавчина и мучнистая роса. Через 12 дней после полного выколашивания распространенность этих двух заболеваний в контроле (2-й сверху лист) достигла 35 и 98%, средняя интенсивность поражения 0,9 и 12,4%. В дальнейшем интен-

сивнее развивалась бурая ржавчина, поражающая в фазе молочно-восковой спелости зерна все (распространенность 100%) растения пшеницы Новосибирская 31.

Оба изучаемых супрамолекулярных комплекса тебуконазола с растительными метаболитами – экстрактом корней солодки и арабиногалактаном – подавляли развитие болезней листьев в посевах пшеницы (см. табл. 2).

Ежегодно доминирующую в патогенном комплексе бурую ржавчину эффективно контролировал тебуконазол в комплексе с экстрактом корней солодки (биологическая эффективность 98,5%). Фитосанитарный эффект от обработки посевов тебуконазолом в комплексе с арабиногалактаном (биологическая эффективность 95,3%) был несколько слабее полученного от химического эталона (биологическая эффективность 99,4%). Тебуконазол в комплексе с экстрактом корней солодки надежнее защищал листовую аппарат от поражения септориозом (биологическая эффективность 95,0%), чем с арабиногалактаном (85,0 %), и лишь немного уступал Фоликуру (97,5%). Этот же супрамолекулярный комплекс эффективнее (в 1,2 раза) контролировал мучнистую росу. Слабее ее развитие сдерживал тебуконазол в комплексе с арабиногалактаном, уступая по биологической эффективности в 1,4 раза Фоликуру.

Фитосанитарный эффект на яровой пшенице Обская 2, восприимчивой только к сеп-

**Табл. 1.** Динамика развития болезней листьев яровой мягкой пшеницы в контроле, флаговый лист, %  
**Table 1.** Dynamics of the development of leaf diseases in spring common wheat in the control, flag leaf, %

Болезнь листьев	Фаза колошения		Число дней после выколашивания растений					
			2018 г.			2019 г.		
	2018 г.	2019 г.	12	21	28	12	21	28
<i>Новосибирская 31</i>								
Мучнистая роса	0,11	0,28	6,14	7,66	3,30	5,01	13,60	14,31
Септориоз	0,16	0,00	0,33	5,78	21,60	0,34	5,81	21,51
Бурая ржавчина	0,00	0,00	7,36	29,70	60,80	0,31	9,90	32,10
<i>Обская 2</i>								
Мучнистая роса	0,00	0,00	0,02	0,16	0,10	0,11	0,15	0,26
Септориоз	0,14	0,00	0,09	4,48	4,76	2,49	3,95	10,92
Бурая ржавчина	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,00	0,13

**Табл. 2.** Биологическая эффективность комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против болезней листьев пшеницы, сорт Новосибирская 31, флаговый лист (средняя за 2018–2019 гг.), %

**Table 2.** Biological efficacy of tebuconazole complexes with plant polysaccharides against wheat leaf diseases, Novosibirskaya 31 variety, flag leaf (average for 2018-2019), %

Болезнь	Фунгицид	Дней после обработки		
		12	21	28
Мучнистая роса	Фоликур КЭ, 1 л/га	98,7	98,1	98,9
	Тebuконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	91,0	92,6	86,4
	Тebuконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	89,8	87,4	71,0
Септориоз	Фоликур КЭ, 1 л/га	92,5	98,1	97,5
	Тebuконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	97,6	94,6	95,0
	Тebuконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	96,1	95,3	85,0
Бурая ржавчина	Фоликур КЭ, 1 л/га	100,0	99,9	99,4
	Тebuконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	99,8	99,9	98,5
	Тebuконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	97,5	99,2	95,3

ториозу, интенсивнее поразившему посевы во второй год исследований, был сопоставим с результативностью обработки коммерческим фунгицидом (см. табл. 3).

Однократная обработка изучаемыми фунгицидными композициями эффективно контролировала септориоз в посевах пшеницы Обская 2 на протяжении месяца со дня обработки. В фазе молочно-восковой спелости зерна индексы развития болезни в опытных вариантах (тебуконазол с экстрактом солодки – 1,55 и тебуконазол с арабиногалактаном – 3,36%) зарегистрированы ниже контрольного показателя в 13,9 и 6,4 раза (в варианте с Фоликуром – 0,03%). Частота встречаемости пораженных септориозом флаговых листьев пшеницы Обская 2, обработанной в начале колошения изучаемыми комплексами, снижалась в 3,5 и 2,8 раза (в контроле частота встречаемости 88%, в варианте с Фоликуром – 3%).

У защищенной фунгицидными комплексами пшеницы достоверно увеличивалась (степень влияния по Снедекору 99,7 и 99,5% в 2018 г., 99,9 и 95,7 % в 2019 г.) площадь флагового листа и задерживалось старение листьев (см. табл. 4). Формирование флагового листа в большей степени определялось условиями выращивания (доля влияния фактора за год равна 60,7%). Однако и применение фунгицидов оказывало достаточно сильное воздействие (доля влияния фактора фунгицида равна 28,5%). Сорт опреде-

**Табл. 3.** Биологическая эффективность комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против септориоза листьев пшеницы, сорт Обская 2, флаговый лист, 2019 г., %

**Table 3.** Biological effectiveness of complexes of tebuconazole with plant polysaccharides against Septoria leaf blotch of wheat, Obskaya 2 variety, flag leaf, 2019, %

Фунгицид	Дней после обработки		
	12	21	28
Фоликур КЭ, 1 л/га	99,6	99,5	99,8
Тebuконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	97,2	94,4	92,3
Тebuконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	96,0	96,2	94,3

лял варьирование показателя лишь на 2,5%. Из двух изучаемых фунгицидов в оба сезона лучший стимулирующий эффект на формирование флаг-листа у Обской 2 оказывал тебуконазол в комплексе с экстрактом солодки: в 1,4 и 1,2 раза выше, чем в варианте тебуконазол с арабиногалактаном.

Увеличение площади флагового листа пшеницы, защищенной от аэрогенных болезней супрамолекулярными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном, в большей мере (в среднем на 34,8 и 35,8%, в варианте с Фоликуром на 29,8%) происходило у растений сорта Новосибирская 31. В посевах сорта Обская 2 показатели ниже – 32,4; 22,9 и 26,1% соответственно.

**Табл. 4.** Площадь флаг-листа главного побега яровой пшеницы, защищенной комплексами тебуконазола с растительными полисахаридами (см<sup>2</sup>)

**Table 4.** Flag-leaf area of the main shoot of spring wheat protected by complexes of tebuconazole with plant polysaccharides (cm<sup>2</sup>)

Вариант	Новосибирская 31				Обская 2			
	см <sup>2</sup>		+ к контролю, %		см <sup>2</sup>		+ к контролю, %	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль без обработки фунгицидами	18,4	12,2	—	—	18,1	15,8	—	—
Фоликур, КЭ, 1 л/га	24,7	15,3	34,2	25,4	24,0	18,9	32,6	19,6
Тebuконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	25,2	16,2	36,9	32,8	25,8	19,3	42,5	22,2
Тebuконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	24,2	17,1	31,5	40,2	23,2	18,6	28,1	17,7
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,1			0,3	0,5		

Использование супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном для защиты яровой пшеницы ограничивало вредоносность бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы, положительно влияло на фотосинтезирующую поверхность флагового листа. Это стало определяющим фактором повышения показателей продуктивности колоса и урожайности зерна (см. табл. 5).

У растений пшеницы повысилась озерненность главного колоса и крупность зерновок. Их число в вариантах, где применялись супрамолекулярные комплексы, увеличилось у Новосибирской 31 на 26,7 и 23,3%, у Обской 2 на 11,4 и 8,9%, а при использовании Фоликура — на 27,6 и 7,1%. Масса

1000 зерен также возрастала в первом случае на 6,6 и 6,8 г, во втором — на 4,3 и 4,4 г (в варианте с Фоликуром на 3,3 и 3,0 г). В результате масса зерна главного колоса, защищенного фунгицидными препаратами тебуконазол с экстрактом корней солодки и тебуконазол с арабиногалактаном, достоверно превысила контрольный показатель на 50,0 и 44,9% у пшеницы сорта Новосибирская 31, на 20,2 и 17,7% у Обской 2. В варианте с применением Фоликура масса зерна главного колоса увеличилась на 39,8 и 14,6% соответственно.

В этих вариантах существенно увеличился сбор зерна: продуктивность пшеницы Новосибирская 31 возросла на 0,80 и 0,76 т/га, или 18,7 и 17,8%, Обской 2 — на 0,82 и 0,61 т/га, или 19,8 и 14,8%, что выше

**Табл. 5.** Показатели продуктивности главного колоса и урожайность мягкой яровой пшеницы, защищенной комплексами тебуконазола с растительными полисахаридами (среднее за 2018–2019 гг.)

**Table 5.** Indicators of productivity of the main spike and yield of spring common wheat protected by tebuconazole complexes with vegetable polysaccharides (average for 2018-2019)

Вариант опыта	Новосибирская 31				Обская 2			
	число зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна колоса, г	урожайность, т/га	число зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна колоса, г	урожайность, т/га
Контроль без обработки фунгицидами	32,6	36,39	1,18	4,26	32,4	48,29	1,58	4,13
Фоликур, КЭ (1 л/га – 0,25кг в пересчете на чистый ТБК)	41,6	39,62	1,65	4,95	34,7	52,17	1,81	4,63
Тebuконазол: экстракт солодки (1 : 5, 0,5 кг/га – 0,085 кг в пересчете на чистый ТБК)	41,3	42,89	1,77	5,06	36,1	52,59	1,90	4,95
Тebuконазол: арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га – 0,045 кг в пересчете на чистый ТБК)	40,2	43,12	1,73	5,02	35,3	52,70	1,86	4,74
НСР <sub>05</sub>	0,5	0,75	0,05	0,15	0,3	0,50	0,02	0,19
Степень влияния по Снедекору, %	99,6	98,5	98,8	93,8	98,4	98,8	99,4	92,2



аналогичного результата, полученного от обработки растений коммерческим фунгицидом Фоликур – 0,69 и 0,50 т/га, или 16,2 и 12,1%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири однократной обработкой, проведенной в начале колошения пшеницы супрамолекулярными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки в массовом соотношении 1 : 5 (время механохимической обработки в мельнице ВМ 24 ч) и с арабиногалактаном 1 : 10 (время механохимической обработки 6 ч) с нормой расхода препарата 0,5 кг/га, можно эффективно контролировать болезни листьев, вызываемые фитопатогенными грибами *Puccinia recondita*, *Septoria nodorum*, *Blumeria graminis*. Новые формы фунгицидных препаратов оказывают выраженное ростостимулирующее воздействие на флаговый лист яровой пшеницы, от величины которого зависят такие элементы структуры урожая, как количество зерен в колосе, масса зерна главного колоса, масса 1000 зерен. Выявленные эффективные фитосанитарные и ростостимулирующие свойства фунгицидных комплексов способствовали повышению зерновой продуктивности яровой мягкой пшеницы с различной степенью устойчивости к болезням листьев на уровне или выше фунгицида Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л), использованного с рекомендуемой нормой расхода 1 л/га. Разработанные супрамолекулярные комплексы тебуконазола с экстрактом корней солодки и с арабиногалактаном позволяют значительно, примерно в 2,9 и 5,6 раза, снизить количество действующего вещества и получить эффект, сопоставимый с рекомендованным фунгицидом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаренко В.А., Захаренко А.В. Экономический аспект применения пестицидов в современном земледелии России // Российский химический журнал. 2005. XLIX (3). С. 55–63.
2. Санин А.А., Ибрагимов Т.З., Стрижекозин Ю.А. Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 11–15.
3. Захаренко В.А. Мониторинг фитосанитарного состояния агроэкосистем как инструмент повышения эффективности защиты растений // Защита и карантин растений. 2018. № 6. С. 14–17.
4. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. Вып. 6. С. 45–55.
5. Зеленева Ю.В., Судникова В.П. Распространенность и развитие возбудителей листовых пятнистостей на территории центрально-черноземного региона // Вестник Томского государственного университета. 2016. Т. 21. Вып. 2. С. 619–623. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-619-623.
6. Soovali P., Koppel M., Nurmekivi H. Optimization of chemical disease control in spring wheat // Agronomy research. 2006. N 4. P. 389–392.
7. Li W., Csukai M., Corran A., Crowley P., Solomon P.S., Oliver R.P. Malayamycin, a new streptomycete antifungal compound, specifically inhibits sporulation of *Stagonospora nodorum* (Berk) Castell and Germano, the cause of wheat glume blotch disease // Pest Management Science. 2008. N 64 (12). P. 1294–1302. DOI: 10.1002/ps.1632.
8. Тютеев С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. 2015. № 1 (83). С. 3–13.
9. Шаповал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 16–20.
10. Wang C., Guo L., Yao J., Wang A., Gao F., Zhao X., Zeng Z., Wang Y., Sun C., Cui H., Cui B. Preparation, characterization and antifungal activity of pyraclostrobin solid nanodispersion by self-emulsifying technique // Pest Management Science. 2019. Vol. 75. P. 2785–2793. DOI: 10.1002/ps.5390
11. Захаренко В.А. Нанофитосанитария – научное направление, объединяющее нанотехнологию и современную защиту растений. Часть 1. Общая концепция // Агрохимия. 2011. № 3. С. 3–16.



12. Панова Г.Г., Канааш Е.В., Семенов К.Н., Чарыков Н.А., Хомяков Ю.В., Аникина Л.М., Артемьева А.М., Корнюхин Д.Л., Вертебный В.Е., Синявина Н.Г., Удалова О.Р., Куленова Н.А., Блохина С.Ю. Производные фуллерена стимулируют продукционный процесс, рост и устойчивость к окислительному стрессу у растений пшеницы и ячменя // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 1. С. 38–49. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.38eng.
13. Banik S., Pérez-de-Luque A. In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants // *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2017. Vol. 15. N 2. e1005. 15 p. DOI: 10.5424/sjar/2017152-10305.
14. Петрова Н.Г., Гулятьева Е.И., Кунгурцева О.В. Нанопестициды против комплекса листовых болезней яровой пшеницы // *Защита и карантин растений*. 2018. № 8. С. 19–21.
15. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеев В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10 (часть 12). С. 2695–2700.
16. Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Бурлакова С.В., Евсеев В.И., Душкин А.В. Эффективность супрамолекулярных комплексов тебуконазола с растительными метаболитами при выращивании яровой пшеницы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2018, Т. 48. № 5. С. 5–13. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-5-116.
17. Метелева Е.С., Евсеев В.И., Теплякова О.И., Халиков С.С., Поляков Э.Н., Апанасенко И.Е., Душкин А.В., Власенко Н.Г. Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян злаковых культур // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018. Т. 26. № 3. С. 279–294. DOI: 10.15372/KhUR20180304.
18. Душкин А.В., Толстикова Т.Г., Хвостов М.В., Поляков Н.Э., Ляхов Н.З. Супрамолекулярные системы доставки лекарственных молекул на основе растительных метаболитов. Физико-химические, фармакологические свойства и особенности механохимического получения // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2019. № 3. С. 133–244. DOI: 10.15372/KhUR2019129.
19. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации // *Защита и карантин растений*. 2016. № 5. С. 54–88.
20. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2016. № 7. С. 88–93.

## REFERENCES

1. Zakharenko V.A., Zakharenko A.V. Ekonomicheskii aspekt primeneniya pestitsidov v sovremennom zemledelii Rossii [The economic aspect of the use of pesticides in modern agriculture in Russia]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal* [Russian Journal of General Chemistry], 2005. XLIX (3), pp. 55–63. (In Russian).
2. Sanin A.A., Ibragimov T.Z., Strizhekozina Yu.A. Metod rascheta poter' urozhasya pshenitsy ot boleznei [Method for calculating wheat yield losses from diseases]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 1, pp. 11–15. (In Russian).
3. Zakharenko V.A. Monitoring fitosanitarnogo sostoyaniya agroekosistem kak instrument povysheniya effektivnosti zashchity rastenii [Monitoring of the phytosanitary state of agroecosystems as a tool to increase plant protection efficiency]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 6, pp. 14–17. (In Russian).
4. Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom etape [Current phytosanitary problems in Russia]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 2016, is. 6. pp. 45–55. (In Russian).
5. Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. Rasprostranennost' i razvitie vzbuditelei listovykh pyatnistostei na territorii tsentral'no-chernozemnogo regiona [Prevalence and development of leaf spottiness agents on the territory of Central and Black Earth region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 2016, vol. 21, is. 2, pp. 619–623. (In Russian). DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-619-623.

6. Soovali P., Koppel M., Nurmekivi H. Optimization of chemical disease control in spring wheat. *Agronomy research*, 2006, no. 4, pp. 389–392.
7. Li W., Csukai M., Corran A., Crowley P., Solomon P.S., Oliver R.P. Malayamycin, a new streptomycete antifungal compound, specifically inhibits sporulation of *Stagonospora nodorum* (Berk) Castell and Germano, the cause of wheat glume blotch disease. *Pest Management Science*, 2008, no. 64(12), pp. 1294–302. (In Russian). DOI: 10.1002/ps.1632.
8. Tyuterev S.L. Ekologicheski bezopasnye induktory ustoichivosti rastenii k bolezniam i fiziologicheskim stressam [Ecologically safe inducers of plant resistance to diseases and physiological stresses]. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant Protection News], 2015, no.1 (83), pp. 3–13. (In Russian).
9. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Korshunov A.A. Regulatory rosta rastenii v agrotekhnologiyakh [Plant growth regulators in agrotechnologies]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2014, no. 6, pp. 16–20. (In Russian).
10. Wang C., Guo L., Yao J., Wang A., Gao F., Zhao X., Zeng Z., Wang Y., Sun C., Cui H., Cui B. Preparation, characterization and antifungal activity of pyraclostrobin solid nanodispersion by self-emulsifying technique. *Pest Management Science*, 2019, vol. 75, pp. 2785–2793. DOI: 10.1002/ps.5390.
11. Zakharenko V.A. Nanofitosanitariya – nauchnoe napravlenie, obedinyayushchee nanotekhnologiyu i sovremennuyu zashchitu rastenii. Chast' 1. Obshchaya kontseptsiya [Nanophyto-sanitary, a scientific field combining nanotechnology and advanced crop protection: part 1. General Concept]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry], 2011, no. 3, pp. 3–16. (In Russian).
12. Panova G.G., Kanash E.V., Semenov K.N., Charykov N.A., Khomyakov Yu.V., Anikina L.M., Artem'eva A.M., Kornukhin D.L., Vertebnyi V.E., Sinyavina N.G., Udalova O.R., Kulenova N.A., Blokhina S.Yu. Proizvodnye fullerena stimuliruyut produktsionnyi protsess, rost i ustoichivost' k okislitel'nomu stressu u rastenii pshenitsy i yachmenya [Fullerene derivatives influence production process, growth and resistance to oxidative stress in barley and wheat plants]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 53, no. 1, pp. 38–49. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology. 2018.1.38eng.
13. Banik S., Pérez-de-Luque A. In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2017, vol. 15, no. 2, e1005. 15 p. DOI: 10.5424/sjar/2017152-10305.
14. Petrova N.G., Gul'tyaeva E.I., Kungurtseva O.V. Nanofungitsidy protiv kompleksa listovoykh boleznii yarovoi pshenitsy [Nanofungicides against a complex of leaf diseases of spring wheat]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 8, pp. 19–21. (In Russian).
15. Khalikov S.S., Dushkin A.V., Davletov R.D., Evseenko V.I. Sozdanie innovatsionnykh fungitsidnykh sredstv na osnove tebukonazola s privlecheniem mekhanokhimicheskikh protsessov [The creation of innovative fungicides based on tebuconazole and mechanochemical processes]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, no. 10, (chast' 12), pp. 2695–2700. (In Russian).
16. Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Burlakova S.V., Evseenko V.I., Dushkin A.V. Effektivnost' supramolekulyarnykh kompleksov tebukonazola s rastitel'nymi metabolitami pri vyrashchivanii yarovoi pshenitsy [Efficiency of supramolecular complexes of tebuconazole with plant metabolites at cultivation of spring wheat]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 5, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-5-116.
17. Meteleva E.S., Evseenko V.I., Teplyakova O.I., Khalikov S.S., Polyakov E.N., Apanasenko I.E., Dushkin A.V., Vlasenko N.G. Nanopestitsidy na osnove supramolekulyarnykh kompleksov tebukonazola dlya obrabotki semyan zla-kovykh kul'tur [Nanopesticides on the basis of supramolecular complexes of tebuconazole for the treatment of seeds of cereals]. *Khiimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry for sustainable development], 2018, vol. 26, no. 3, pp. 279–294. (In Russian). DOI: 10.15372/KhUR20180304.
18. Dushkin A.V., Tolstikova T.G., Khvostov M.V., Polyakov N.E., Lyakhov N.Z. Supramolekulyarnye sistemy dostavki lekarstvennykh molekul na osnove rastitel'nykh metabolitov. Fiziko-khimicheskie, farmakologicheskie svoistva i osobennosti mekhanokhimicheskogo polucheniya [Supramolecular systems for the delivery of the molecules

- of medicinal substances bases on water-soluble plant metabolites. Physicochemical, pharmacological properties and the features of mechanochemical preparation]. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry for sustainable development], 2019, no. 3, pp. 133–244. DOI: 10.15372/KhUR2019129.
19. Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovogo polya i prinyatie reshenii po opryskivaniyu pshenitsy fungitsidami. Teoriya i prakticheskie rekomendatsii [Phytosanitary examination of the grain field and decision-making on the spraying of wheat with fungicides. Theory and Practice]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2016, no. 5, pp. 54–88. (In Russian).
20. Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Metodika uskorenno opredeleniya ploshchadi listovoi poverkhnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s pomoshch'yu komp'yuternoi tekhnologii [Accelerated method of determination of leaf area of crops by computer technology]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2016, no. 7, pp. 88–93. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Власенко Н.Г.**, академик РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией защиты растений; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: vlas\_nata@ngs.ru

**Теплякова О.И.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

**Душкин А.В.**, доктор химических наук, главный научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Vlasenko N.G.**, Academician RAS, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Head of the Plant Protection Laboratory; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: vlas\_nata@ngs.ru

**Tepliyakova O.I.**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

**Dushkin A.V.**, Doctor of Science in Chemistry, Head Researcher

#### Финансовая поддержка

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области (проект 18-416-540007/19).

Дата поступления статьи 30.10.2019  
Received by the editors 30.10.2019