

УДК 632.95:631.816:633.16(470.2)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

© 2019 г. А. М. Шпанев<sup>1,2,\*</sup>, М. А. Фесенко<sup>1,\*\*</sup>, В. В. Смук<sup>1,2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт  
195220 Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
196608 Санкт-Петербург–Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

\*E-mail: ashpanev@mail.ru

\*\*E-mail: ramylek@mail.ru

\*\*\*E-mail: vvsruk@mail.ru

Поступила в редакцию 04.04.2019 г.

После доработки 20.04.2019 г.

Принята к публикации 10.09.2019 г.

В многолетних исследованиях выявлен высокий хозяйственный эффект от комплексного применения минеральных удобрений и средств защиты растений при возделывании ярового ячменя на Северо-Западе РФ в зависимости от погодных условий периода вегетации и проявления фитосанитарной обстановки, который составил от 18.6 до 31.2 ц/га (63–249%). Повышение урожайности ярового ячменя от внесения минеральных удобрений варьировало по годам в пределах 14.9–21.7 ц/га (60–173%), величина сохраненного урожая от применения интегрированной системы защиты растений – 0.2–12.9 ц/га (0.4–48%). Статистическая обработка данных показала достоверное влияние на урожайность ярового ячменя обоих факторов химизации, тогда как их взаимодействие оказалось статистически незначимым на протяжении всех лет исследований.

*Ключевые слова:* яровой ячмень, минеральные удобрения, интегрированная система защиты растений, фитосанитарное состояние, комплексное влияние средств химизации.

DOI: 10.1134/S0002188119120093

### ВВЕДЕНИЕ

В структуре посевов зерновых культур в Северо-Западном регионе РФ доминируют ячмень и пшеница, являющиеся главными компонентами комбикормов. Доля ярового ячменя в среднем в регионе составляет 37.8% или 114.6 тыс. га, с изменениями по годам от 105.4 до 131 тыс. га. Основные площади культуры расположены в Ленинградской и Вологодской обл. [1]. Урожайность ярового ячменя варьирует по годам от 20.2 до 27.1 ц/га [2].

Известно, что только комплексное применение удобрений и средств защиты растений способно максимально полно реализовать потенциал урожайности возделываемых культур и сортов [3–5]. Это связано, во-первых, с тем, что с помощью защитных мероприятий реализуется максимальная эффективность вносимых удобрений [6–8], во-вторых, с проявлением эффекта взаимодействия 2-х этих факторов при совместном

влиянии на формирование продуктивности культур [9].

Обзор литературы выявил существенные преимущества комплексного применения средств химизации при возделывании ярового ячменя в разных природно-климатических зонах. В условиях Орловской обл. наибольшая урожайность культур была сформирована в варианте с двукратной подкормкой поли-фидами (комплексом свободных *l*-аминокислот, полностью растворимых в воде удобрений на основе азота, фосфата и калия (NPK), разработанных для полного обеспечения растений элементами питания в течение всего вегетационного периода) и однократного применения гербицида димесол [10]. В Ивановской обл. комплексное применение защитно-стимулирующего состава фитохит-Т и минеральных удобрений не только оптимизировало фитосанитарную обстановку, но и увеличивало урожайность ярового ячменя в несколько раз [11]. Наи-

более продуктивное и экологически оправданное сочетание удобрений и химических средств защиты растений при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой почве в Московской обл., обеспечивающее урожайность 44.8–65.1 ц/га, состоит из внесения азота в дозе N90 и использования интегрированной системы защиты растений с учетом экономических порогов вредности болезней и сорняков [8].

Цель работы – изучение комплексного применения основных средств химизации, таких как минеральные удобрения и интегрированная система защиты растений, при возделывании ярового ячменя в условиях Северо-Запада России, где этот вопрос по-прежнему остается мало изученным.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в период 2012–2017 гг. в посевах ярового ячменя агроэкологического стационара Меньковского филиала Агрофизического НИИ, расположенного в Гатчинском р-не Ленинградской обл. Стационар представляет собой 7-польный зернотравянопропашной севооборот, в котором предшественником ярового ячменя была озимая рожь. Под покров ярового ячменя высевали многолетние травы (тимopheевка луговая + клевер красный). Почва опытных полей – дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая. Мощность пахотного слоя 23 см,  $pH_{KCl}$  4.6, содержание гумуса (по Тюрину) – 1.9%, подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) – 257 и 92 мг/кг соответственно. Высевали сорт ярового ячменя Ленинградский селекции ЛенНИИСХ “Белогорка”, допущенный к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2009 г.

Схемой опыта в агроэкологическом стационаре предусмотрено изучение 3-х уровней удобрений культур, формируемых предпосевным внесением азофоски и аммиачной селитры из расчета планируемой урожайности. В варианте высокой удобренности доза NPK составляла 100, 75 и 75 кг. д.в./га, средней – 65, 50 и 50 кг. д.в./га, низкой – удобрения не вносили. Вторым фактором в опыте была интегрированная система защиты растений, согласно которой в посевах ярового ячменя проводили защитные мероприятия против всего комплекса вредных организмов при условии превышения пороговых величин их присутствия в посевах. В защите от семенной и почвенной инфекции в разные годы проводили обработку семян фунгицидами клад, КС (0.4 л/т), винцит Форте, КЭ (1.0 л/т), ламадор, КС (0.2 л/т), систива, КС (0.5 л/т), в защите от болезней листо-

вого аппарата и колоса – обработку вегетирующих растений ячменя в фазе начала колошения препаратами альто Супер, КЭ (0.4 л/га), зантара, КЭ (0.8 л/га), прозаро, КЭ (0.8 л/га), солигор, КЭ (0.7 л/га), титул Дуо, ККР (0.3 л/га). Против сорной растительности ежегодно обрабатывали посева ярового ячменя гербицидами агритокс, ВК (1 л/га) или базагран, ВР (2 л/га) в фазе первого тройчатого листа клевера красного. В годы массового размножения черемухово-злаковой тли применяли инсектициды фуфанон, КЭ (1 л/га) или каратэ Зеон, МКС (0.15 л/га). Минеральные удобрения и средства защиты растений вносили механически соответственно поперек и вдоль поля. Площадь делянок под каждым из вариантов составляла 0.18 и 0.27 га, общая площадь под опытом – 0.60 га. Повторность в опыте трехкратная.

Погодные условия в период вегетации ярового ячменя существенно различались в годы исследования. Избыточное количество осадков выпадало в 2012 г. (139%) и 2013 г. (217%), меньше нормы – в 2015 г. (74%) и 2017 г. (77%), близкое к среднемноголетней норме – в 2014 г. (92%) и 2016 г. (108%). Наиболее теплыми годами оказались 2013 г. (121%) и 2014 г. (112%), остальные были близкими к среднемноголетней норме суточных температур. В критический период для роста и развития ярового ячменя, приходящийся на фазы появление всходов–кушение, сумма осадков составляла по годам 181, 381, 174, 78, 43 и 82%, среднесуточная температура воздуха – 117, 140, 133, 98, 116 и 89% от среднемноголетних показателей.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов ярового ячменя использовали методику постоянных учетных площадок с их стационарным размещением на протяжении всего периода вегетации культуры [12, 13]. В каждом варианте опыта устанавливали по 12 постоянных площадок 0.1 м<sup>2</sup>, всего по опыту – 72, за все годы исследования – 432. На постоянных площадках определяли видовой состав сорной растительности, учитывали численность, проективное покрытие и фитомассу сорных растений в отдельности по видам, поврежденность культурных растений вредителями и развитие болезней. На них же несколько раз за вегетацию определяли густоту и высоту стеблестоя ярового ячменя, урожайность и основные элементы структуры урожая.

Статистическую обработку полученных данных выполнили методом дисперсионного анализа, проведенного в программе Statistica 6.

**Таблица 1.** Влияние средств химизации на урожайность и основные элементы структуры урожая ярового ячменя (2012–2017 гг.)

Вариант		Густота продуктивного стеблестоя		Количество зерен в колосе		Масса 1000 зерен		Урожайность	
ИСЗР	МУ	шт./м <sup>2</sup>	% к контролю	шт.	% к контролю	г	% к контролю	ц/га	% к контролю
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	350	100	16.8	100	30.1	100	17.9	100
	N65P50K50	452	129	22.0	131	32.1	107	32.4	181
	N100P75K75	528	151	23.0	137	32.5	108	39.2	219
ИСЗР	N0P0K0	445	127	16.7	99	31.0	103	23.0	128
	N65P50K50	579	165	21.6	129	32.7	109	40.4	226
	N100P75K75	624	178	21.8	130	33.0	110	44.6	249
HCP <sub>05</sub> (ИСЗР)		23		0.7		0.4		1.8	
HCP <sub>05</sub> (МУ)		34		1.4		0.7		2.9	
HCP <sub>05</sub> (ИСЗР × МУ)		52		1.8		1.1		3.9	

Примечание. ИСЗР – интегрированная система защиты растений, МУ – минеральные удобрения. То же в табл. 3, 4.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что внесение минеральных удобрений под посев ярового ячменя было крайне эффективным мероприятием с точки зрения повышения урожайности культуры на Северо-Западе РФ. По усредненным за 2012–2017 гг. данным урожайность ячменя в вариантах средней и высокой удобренности достигала 32.4 и 39.2 ц/га, превосходила неудобренный контроль на 14.5 и 21.3 ц/га (81 и 119%) соответственно (табл. 1). Максимальная величина урожайности культуры в удобренных вариантах составляла 42.1 и 52.3 ц/га (2015 г.), минимальная – 22.2 и 29.9 ц/га (2013 г.). Основными элементами структуры урожая, за счет которых происходило повышение урожайности ярового ячменя, являлись густота продуктивного стеблестоя (на 29 и 51%), масса (на 37 и 42%) и количество (на 31 и 37%) зерен в колосе, в меньшей степени – масса 1000 зерен (7 и 8%).

Наименьшая величина прироста урожайности культуры от внесенных удобрений, равная 12.6 и 22.8 ц/га (43 и 77%), отмечена в 2015 г., когда сложились самые благоприятные для роста и развития ярового ячменя погодные условия, обеспечившие получение даже в неудобренном варианте 29.5 ц/га при густоте продуктивного стеблестоя 428 экз./м<sup>2</sup>. Наиболее высокая отдача от удобрений (174 и 172%) была зафиксирована в 2014 г., когда в условиях избытка влаги (174%) и повышенных среднесуточных температур (133%) в начальные фазы развития культуры наблюдали повышенную кустистость растений ярового ячменя (1.7 и 1.9 стеб-

лей/растение), тогда как в неудобренном контроле густота продуктивного стеблестоя оказалась наименьшей (236 экз./м<sup>2</sup>) за все годы исследований. В этот же год отмечали равную величину урожайности в вариантах средней и высокой удобренности, в другие годы различия составляли от 6.0 до 10.2 ц/га. Одним из факторов, ограничивших эффективность высоких доз минеральных удобрений, было сильное полегание посевов ярового ячменя, отмеченное в данном варианте опыта практически ежегодно. Оно связано с формированием повышенной густоты (527 против 452 и 350 экз./м<sup>2</sup>) и высоты (83 против 81 и 59 см) стеблестоя, а также фитомассы культурных растений (1380 против 1160 и 646 г/м<sup>2</sup>).

Еще одним существенным фактором, снижающим эффективность внесенных минеральных удобрений, было фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя, тенденции к ухудшению которого, отмечены по нашим данным в отношении сорной растительности. Например, под влиянием удобрений достоверно увеличивались проективное покрытие сорной растительностью уже в начальные фазы развития культуры и формируемая вегетативная масса на момент уборки урожая (табл. 2). Это косвенно указывало на усиление вредоносности сорных растений с повышением уровня минерального питания, отмеченное ранее в посевах озимой и яровой пшеницы [14, 15].

Однако следует уточнить, что под влиянием удобрений увеличивалась начальная засоренность посевов ярового ячменя малолетними ви-

**Таблица 2.** Влияние минеральных удобрений на фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя

Вредные виды	Варианты минерального удобрения		
	N0P0K0	N65P50K50	N100P75K75
<b>Болезни</b>			
Корневые гнили (фаза кушения) развитие, %	25.2	16.1*	16.0*
Ринхоспориоз (фаза налива зерна) развитие на 1-м подфлаговом листе, %	0.3	0.3	0.3
Мучнистая роса (фаза налива зерна) развитие на 1-м подфлаговом листе, %	0.2	0.4*	0.5*
Гельминтоспориоз (фаза налива зерна) развитие на 1-м подфлаговом листе, %	8.1	4.8**	4.4**
<b>Сорные растения</b>			
<b>Фаза кушения</b>			
Видовое обилие, видов/м <sup>2</sup>	7	8	8
Численность, экз./м <sup>2</sup>	415	484	441
многолетние, экз./м <sup>2</sup>	22	11**	6**
малолетние, экз./м <sup>2</sup>	393	473	435
Проективное покрытие, %	14.0	18.5*	17.9*
<b>Фаза полной спелости</b>			
Видовое обилие, видов/м <sup>2</sup>	8	7	5**
Численность, экз./м <sup>2</sup>	394	340**	247**
Снижение численности от фазы кушения до полной спелости, %	0.3	28.1	44.0
Фитомасса, г/м <sup>2</sup>	227	313**	329**
Фитомасса 1-го сорного растения, г/растение	0.58	0.92**	1.33**
Доля в общей массе фитоценоза, %	18.0	19.0	18.0
<b>Вредители</b>			
Шведские мухи (фаза кушения)			
поврежденность стеблей, %	0.9	0.9	0.9
Злаковые тли (фаза налива зерна)			
заселенность колосьев, %	5.4	6.1	4.4
численность, экз./м <sup>2</sup>	39	62	55
Пьявицы (фаза налива зерна)			
общая степень повреждения 1-го подфлагового листа, %	0.32	0.35	0.19
Минирующие мухи (фаза налива зерна)			
общая степень повреждения 1-го подфлагового листа, %	0.17	0.26	0.22
Листовые пилильщики (фаза налива зерна)			
общая степень повреждения 1-го подфлагового листа, %	0.51	0.27*	0.12*

\* Различия достоверны при  $P \geq 0.95$ .\*\*Различия достоверны при  $P \geq 0.99$ .

дами сорных растений, в особенности отзывчивыми на азотное питание: марью белой (с 77 до 159 и 197 экз./м<sup>2</sup>) и пикульниками (с 15 до 25 и 31 экз./м<sup>2</sup>). Обратную закономерность можно было отметить для торицы полевой, которая относится к группе оксифитов – растений, предпочитающих кислую реакцию почвенного раствора.

Более высокая численность данного вида отмечена в варианте, где не было предусмотрено внесение минеральных удобрений (27 против 28 и 38 экз./м<sup>2</sup>). При повышении уровня минерального питания в 2.0–3.7 раза снижалась плотность присутствия в посеве ярового ячменя многолетних видов сорных растений. Предположительно

это происходило под действием усиливающегося фитоценотического давления со стороны культурных растений, фиксируемого при систематическом применении минеральных удобрений в севообороте, что отмечено и в литературе [16, 17]. Например, в варианте применения средних доз минеральных удобрений снижение численного состава сорных растений за период от фазы кушения до полной спелости ярового ячменя составляло 28.1%, при применении высоких доз – 44%. В неудобренном варианте общая засоренность посевов ярового ячменя за указанный период оставалась без изменений, а густота многолетних сорных растений увеличивалась в 2.7 раза.

Всего за годы исследования в посевах ярового ячменя было выявлено 45 видов сорных растений, из которых к группе малолетних относились 33 вида и 12 – к видам с многолетним циклом развития. Видовое обилие сорных растений, демонстрирующее общее число видов на единице площади посева, по годам изменялось в пределах 7–12 видов/м<sup>2</sup>, в фазе кушения, когда принимается решение о проведении обработок гербицидами, оно составило 6–11 видов/м<sup>2</sup>. Количественные показатели обычно соответствовали средней степени засоренности, когда в фазе кушения ярового ячменя насчитывали 221–500 шт. сорняков/м<sup>2</sup>, или 9.8–20.9% проективного покрытия. В 2014 г. фиксировали сильную степень засоренности (958 экз./м<sup>2</sup>, 43.6%), в 2017 г. – слабую (255 экз./м<sup>2</sup>, 7.3%). В общей структуре засоренности на долю малолетников приходилось в разные годы от 90 до 99% сорных растений.

Доминантные виды сорных растений были представлены марью белой (*Chenopodium album* L.), фиалкой полевой (*Viola arvensis* Murr.), пастушьей сумкой обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), торицей полевой (*Spergula arvensis* L.), пикульниками (*Galeopsis tetrahit* L., *G. bifida* Boenn., *G. spesiosa* Mill.), дьямянкой аптечной (*Fumaria officinalis* L.), среднемноголетняя численность которых составляла 144, 66, 55, 31, 24 и 20 экз./м<sup>2</sup> соответственно. Из многолетников чаще встречались щавель малый (*Rumex acetosella* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.).

Ухудшение фитосанитарной обстановки было связано с усилением поражения ярового ячменя мучнистой росой (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *hordei* Marchal.), отмеченном в удобренных вариантах на протяжении всех лет исследования. В отдельные годы те же последствия от внесения минеральных удобрений были характерны для ринхоспориоза (*Rhynchosporium secalis* (Oudem.)

J. J. Davis), развитие которого возрастало с 0.01–0.04% в контроле до 0.10–0.39% в максимально удобренном варианте. В то же время было выявлено значительное и статистически достоверное снижение интенсивности поражения растений ярового ячменя корневыми гнилями под влиянием удобрений. В разные годы оно составляло от 1.3 до 1.8 раза и было обусловлено известным из литературы [18–21] фактом более сильного поражения корневыми гнилями физиологически ослабленных и угнетенных растений, в том числе при недостатке основных элементов питания. С другой стороны, внесение любых видов удобрений в значительной степени улучшает микробиологические процессы в почве и создает неблагоприятные условия для жизнедеятельности возбудителей корневой гнили [22]. Действие минеральных удобрений на гельминтоспориозные пятнистости оказалось сообразно тому, каким оно было в отношении корневых гнилей, поскольку для обоих заболеваний характерен один общий возбудитель (*Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur). Таким образом, в удобренных вариантах отмечали снижение развития гельминтоспориоза на листьях ячменя на уровне 1.7–1.8 раза по сравнению с контролем. Однако в годы слабого проявления корневых гнилей была возможна обратная ситуация, вызванная аэрогенным распространением возбудителей гельминтоспориозных пятнистостей. Например, в 2015 и 2017 гг. при развитии корневых гнилей в фазе кушения ярового ячменя, равном 2.5 и 5.7%, развитие гельминтоспориоза в фазе налива зерна в высоко удобренном варианте составило 2.4 и 4.9%, тогда как в контроле – 1.0 и 1.6% соответственно.

Комплекс фитофагов ярового ячменя на Северо-Западе РФ включает шведских мух (*Oscinella frit* L.), черемухово-злаковую (*Rhopalosiphum padi* L.) и большую злаковую (*Sitobion avenae* F.) тли, пядиц (*Ouleta melanopus* L. и *O. gallaeciana* Heyd.), минирующих мух (*Agromyza* spp.), листовых пилильщиков (*Dolerus* spp.). Из упомянутых вредителей хозяйственное значение в отдельные годы имеют шведские мухи и черемухово-злаковая тля. Внесение минеральных удобрений приводило к достоверному снижению общей степени повреждения листьев ярового ячменя личинками листовых пилильщиков.

Интегрированная система защиты растений обеспечивала величину сохраненного урожая ярового ячменя, равную 6.3 ц/га (21%). Наибольший хозяйственный эффект от применения средств защиты растений составлял 12.9 ц/га (48%), наименьший – 0.2 ц/га (0.4%) соответственно в 2014 и 2015 гг. Эффективность системы

Таблица 3. Эффективность применения средств химизации в посевах ярового ячменя в разные годы опыта

Вариант	Урожай- ность, ц/га	Прибавка урожайности						
		от удобрений		от пестицидов		от удобрений и пестицидов		
		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	
2012 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	19.2						
	N65P50K50	31.4	12.2	64				
	N100P75K75	39.1	19.9	104				
ИСЗР	N0P0K0	26.3			7.1	37		
	N65P50K50	42.2			10.8	34	23.0	120
	N100P75K75	49.7			10.6	27	30.5	159
2013 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	11.2						
	N65P50K50	22.2	11.0	98				
	N100P75K75	29.9	18.7	167				
ИСЗР	N0P0K0	15.4			4.2	38		
	N65P50K50	31.7			9.5	43	20.5	183
	N100P75K75	32.7			2.8	9	21.5	192
2014 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	12.5						
	N65P50K50	34.3	21.8	174				
	N100P75K75	34.0	21.5	172				
ИСЗР	N0P0K0	32.2			19.7	158		
	N65P50K50	41.5			7.2	21	29.0	232
	N100P75K75	45.8			11.8	35	33.3	266
2015 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	29.5						
	N65P50K50	42.1	12.6	43				
	N100P75K75	52.3	22.8	77				
ИСЗР	N0P0K0	28.2			—	—		
	N65P50K50	47.5			5.4	13	18.0	61
	N100P75K75	48.7			—	—	19.2	65
2016 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	14.4						
	N65P50K50	27.3	12.9	90				
	N100P75K75	33.3	18.9	131				

Таблица 3. Окончание

Вариант		Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности					
			от удобрений		от пестицидов		от удобрений и пестицидов	
			ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
ИСЗР	N0P0K0	12.3			—	—		
	N65P50K50	30.3			3.0	11	15.9	110
	N100P75K75	35.7			2.4	7	21.3	148
2017 г.								
Без ИСЗР	N0P0K0 (контроль)	19.9						
	N65P50K50	37.5	17.6	88				
	N100P75K75	46.9	27.0	136				
ИСЗР	N0P0K0	24.2			4.3	22		
	N65P50K50	49.7			12.2	33	29.8	150
	N100P75K75	56.2			9.3	20	36.3	182

защитных мероприятий напрямую зависела от характера проявления фитосанитарной обстановки. Например, в 2014 г. в посевах ярового ячменя наблюдали самую неблагоприятную фитосанитарную обстановку, когда густота сорных растений в фазе кушения культуры достигала 958 экз./м<sup>2</sup> при проективном покрытии 43.6%, развитие корневых гнилей в этот же период составляло 33.8%, гельминтоспориозных пятнистостей листьев — 8.2% в фазе налива зерна и 20.6% в фазе молочно-восковой спелости. Противоположная ситуация имела место в 2015 г. и характеризовалась слабой степенью засоренности (221 экз./м<sup>2</sup>, 9.8% проективного покрытия), низкими показателями развития основных заболеваний культуры в регионе — корневых гнилей (2.5%) и гельминтоспориозных пятнистостей листьев (1.9 и 3.8% соответственно в фазах налива зерна и молочно-восковой спелости). При этом обозначился более стабильный и выраженный эффект от примененной интегрированной системы защиты ярового ячменя в варианте средней удобренности. Уровень сохраненного урожая в этом варианте составлял по годам от 3.0 до 12.2 ц/га (11–43%).

На фоне внесения высоких доз минеральных удобрений хозяйственный эффект от проведения защитных мероприятий варьировал в пределах 2.4–11.8 ц/га (7–35%) и ограничивался сильным полеганием посевов, о котором уже упоминали ранее. При низком уровне минерального питания (N0P0K0) проведение защитных мероприятий не всегда оказывалось целесообразным из-за незначительного повышения урожая, стоимость которого не оправдывала дополнительные затраты [23]. По данным 2012, 2013 и 2017 гг., величина сохраненного урожая в неудобренном контроле соответствовала 4.2–7.1 ц/га (22–38%), тогда как в 2015–2016 гг. применение средств защиты растений не обеспечивало формирование более высокой урожайности, чем в вариантах без обработки посевного материала и вегетирующих растений ярового ячменя пестицидами.

Совместное применение минеральных удобрений и средств защиты растений обеспечивало формирование наиболее высоких показателей сбора зерна ярового ячменя (табл. 3). Максимальная урожайность была получена в 2017 г. и составила 49.7 и 56.2 ц/га соответственно в вариантах

Таблица 4. Вклад основных средств химизации в формирование урожайности ярового ячменя

Фактор	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2012–2017 гг.
МУ	34.1*	32.1*	32.8*	52.0*	70.8*	70.1*	37.1*
ИСЗР	19.2*	4.1*	21.9*	0.01	0.3	8.3*	5.2*
МУ × ИСЗР	0.5	1.1	3.6	2.3	1.2	1.2	0.2

\*Различия достоверны при  $P \geq 0.95$ .

средней и высокой удобренности, что превосходило контроль на 29.8 и 36.3 ц/га (на 150 и 182%). Наибольшая прибавка урожайности ярового ячменя от действия обоих факторов отмечена в 2014 г. (232 и 266%), наименьшая – в 2015 г. (61 и 65%). Таким образом, межгодовые различия эффективности основных факторов химизации при возделывании ярового ячменя на Северо-Западе РФ могли достигать 3.8–4.1 раза.

Дисперсионный анализ показал достоверное влияние на урожайность ярового ячменя минеральных удобрений и интегрированной системы защиты растений, взаимодействие 2-х этих факторов оказалось статистически незначимым на протяжении всех лет исследования. Повышение урожайности от внесения удобрений в разные годы определялось на 32.1–70.8%, от применения средств защиты растений – на 0.1–21.9% и не во все годы являлось существенным (табл. 4). В целом факторы химизации обеспечивали формирование урожайности ярового ячменя на 42.5, в отдельные годы – на 96.3%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное применение минеральных удобрений и средств защиты растений по сравнению с отдельным их влиянием обеспечивало формирование наиболее высокой урожайности ярового ячменя на Северо-Западе РФ. Прибавка урожайности культуры от действия обоих факторов химизации в зависимости от погодных условий периода вегетации и проявления фитосанитарной обстановки составляла от 18.6 до 31.2 ц/га, или 63–249%.

Эффективность минеральных удобрений варьировала по годам в пределах 14.9–21.7 ц/га (60–173%), в среднем составляла 17.9 ц/га (100%). Основными факторами, ограничивающими эффективность минеральных удобрений, являлись полегание посевов ярового ячменя, отмеченное практически ежегодно при внесении высоких доз минеральных удобрений, и ухудшение фитосанитарной обстановки в отношении сорной растительности.

Интегрированная система защиты растений обеспечивала величину сохраненного урожая ярового ячменя, равную 6.3 ц/га (21%), или 0.2–12.9 ц/га (0.4–48%) в разные годы. Наибольшая эффективность системы защитных мероприятий приходилась на годы с неблагоприятной фитосанитарной обстановкой, сопровождающейся сильной засоренностью посевов, сильным поражением растений ярового ячменя корневыми гнилями и гельминтоспориозными пятнистостями.

Статистическая обработка данных показала достоверное влияние на урожайность ярового ячменя минеральных удобрений и интегрированной системы защиты растений, тогда как взаимодействие этих 2-х факторов оказалось статистически незначимым на протяжении всех лет исследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов М.В., Данилова Т.А., Сеницына С.М.* Состояние и перспективы развития зерновой отрасли в Северо-Западном федеральном округе // Научное обеспечение развития производства зерна на северо-западе России. СПб., 2014. С. 4–15.
2. *Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Скворцова Ю.Г., Филиппов Е.Г.* Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ // Зерн. хоз-во России. 2017. № 5(53). С. 20–25.
3. *Маявко Г.П.* Влияние систем удобрения и средств защиты растений на засоренность посевов и урожайность озимой ржи // Агро 21. 2009. № 7–9. С. 32–34.
4. *Личко А.К., Ваулина Г.И., Личко Н.М.* Фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерна озимой пшеницы при комплексном применении удобрений и химических средств защиты растений в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Изв. ТСХА. 2011. Вып. 3. С. 66–77.
5. *Конов А.М., Самойлов Л.Н., Державин Л.М.* Эффективность комплексного применения удобрений и пестицидов на озимой ржи в полевом севообороте // Агрехимия. 2012. № 3. С. 13–24.
6. *Жуков Ю.П., Кириллова Г.Б.* Эффективность применения расчетных доз удобрений и пестицидов на ячмене // Агрехимия. 2001. № 5. С. 23–26.
7. *Хомякова В.Н.* Продуктивность культур в севообороте при расчетных дозах удобрений и в сочетании с пестицидами в северном районе Нечерноземья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2002. 18 с.
8. *Хаирова Н.И.* Эффективность совместного применения азотных удобрений и химических средств защиты растений под ячмень на дерново-подзолистой суглинистой почве: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2014. 30 с.
9. *Ладонин В.Ф.* Эффективность и перспективы комплексного применения удобрений, пестицидов и регуляторов роста растений в земледелии России // Агрехимия. 1997. № 1. С. 8–9.
10. *Титова Е.М., Внукова М.А.* Эффективность комплексного применения удобрений и гербицида Димесол на посевах ярового ячменя // Вестн. Орел. ГАУ. 2012. № 2. С. 32–35.
11. *Тарасова А.М.* Комплексное применение удобрений и средств защиты при выращивании ячменя // Защита и карантин раст. 2007. № 9. С. 43–44.
12. *Зубков А.Ф.* Методические указания по сбору полевой биологической информации с целью оценки вредности комплекса вредных организмов. Л.: ВИЗР, 1978. 18 с.

13. Шпанев А.М., Голубев С.В. Агробиоценоз яровых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ). СПб., 2010. 128 с.
14. Шпанев А.М. Влияние азотных удобрений на фитосанитарное состояние и потери урожая яровой пшеницы от вредных организмов в Северо-Западном регионе // *Агрохимия*. 2016. № 9. С. 62–69.
15. Шпанев А.М., Смур В.В. Влияние азотного питания на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы в Северо-Западном регионе РФ // *Агрохимия*. 2019. № 1. С. 58–65.
16. Рогожникова Е.С., Шпанев А.М. Засоренность ячменя с подсевом многолетних трав при разных уровнях минерального питания // *Вестн. защиты раст.* 2014. № 4. С. 49–51.
17. Шпанев А.М., Смур В.В., Фесенко М.А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе // *Агрохимия*. 2017. № 12. С. 38–45.
18. Чулкина В.А. Защита зерновых культур от обыкновенной гнили. М., 1979. 72 с.
19. Крутова Н.П. Вредоносность корневой гнили ячменя // *Защита растений*. 1981. № 12. С. 31.
20. Рябчикова В.В. Влияние способов возделывания зерновых культур на поражаемость их корневой гнилью // *Совершенствование полевых севооборотов ЦЧЗ*. Воронеж, 1984. С. 89–95.
21. Рогожникова Е.С., Шпанев А.М., Фесенко М.А. Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в IV агроклиматической зоне Ленинградской области // *Вестн. защиты раст.* 2016. № 4 (90). С. 56–61.
22. Косенок С.А. Влияние удобрений на проявление корневой гнили ячменя в Приморском крае // *Защита растений от вредителей, болезней и сорняков на Дальнем Востоке*. Новосибирск, 1984. Вып. 18. С. 45–46.
23. Шпанев А.М., Лантуев А.Б., Гончаров Н.Р., Воронаев В.В. Интегрированная защита озимой пшеницы на Северо-Западе России // *Защита и карантин раст.* 2018. № 6. С. 28–34.

## Efficiency of the Chemical Means Complex Use for the Spring Barley Cultivation in the North-West Russia

A. M. Shpanev<sup>a,b,#</sup>, A. M. Fesenko<sup>a,##</sup>, and V. V. Smuk<sup>a,b,###</sup>

<sup>a</sup> *Agrophysical Research Institute*

*Grazhdanskiy prosp. 14, Saint-Petersburg 195220, Russia*

<sup>b</sup> *All-Russian Institute of Plant Protection*

*shosse Podbel'skogo, 3, Saint-Petersburg—Pushkin 196608, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: ashpanev@mail.ru*

<sup>##</sup> *E-mail: ramylek@mail.ru*

<sup>###</sup> *E-mail: vvsruk@mail.ru*

In longstanding research it was found considerable agricultural effect of the mineral fertilizers and plant protection means during the cultivation of the spring barley in the North-West Russia. The effect depended on the weather conditions vegetation period and phytosanitary environment and it was expressed as the yield increase ranging from 18.6 to 31.2 centner/ha (63–249%). The yield increase of the spring barley due to the mineral fertilizers varied by years ranging from 14.9 to 21.7 centner/ha (60–173%). The yield saved due to the use of the integrative plant protection system was 0.2–12.9 centner/ha (0.4–48%). The statistical data analysis showed the significant influence of the both chemical means for the spring barley yield, whereas their interaction appeared to be statistically insignificant over the entire research period.

*Key words:* spring barley, mineral fertilizers, integrated plant protection system, phytosanitary condition, complex influence of chemicals.