

УДК: 633.11:632.1/.7; 632.931.1

АГРОПРИЕМЫ, ОПТИМИЗИРУЮЩИЕ ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, А.Ф. Захаров, А.А. Кириченко,
Новосибирский государственный аграрный университет

Информационная база фитосанитарных технологий традиционно разрабатывалась преимущественно на основании полевых деляночных опытов. При этом недоучитывался тот факт, что объекты исследований (фитопатогены, фитофаги, сорные растения) перемещаются в пространстве на значительные расстояния, существенно превышающие размеры делянок. На делянках исключается естественное функционирование сообществ вредных организмов и прохождение ими полного жизненного цикла, характерного для зональных агроэкосистем (поле, севооборот, агроландшафт). По существу, исследователи ограничиваются наблюдениями преимущественно за вредящей фазой фитопатогена, фитофага, сорного растения. Отсюда ориентир на экономический порог вредоносности (ЭПВ), «пожарную фитосанитарную ситуацию», а следовательно, применение оперативных способов борьбы — пестицидов химической и биологической природы. Кроме того, делянки и даже стационары не отражают в полной мере реального антропогенного воздействия на агроэкосистемы зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, а поэтому носят модельный характер.

Экологическое направление развития защиты растений предусматривает необходимость совершенствования методологии и методики исследований на уровне реально существующих агроэкосистем (поле, севооборот, агроландшафт) для решения двудеиных задач: создание в агроэкосистемах условий, неблагоприятных для жизненного цикла вредных организмов и благоприятных для формирования основных элементов структуры урожая культур, например, яровой пшеницы (густота продуктивного стеблестоя, число зерен в колосе, масса 1000 зерен).

В связи с этим нами предпринята попытка получения научной информации не в модельных экспериментах, а непосредственно на уровне агроэкосистем хозяйства с целью выявления степени влияния технологий возделывания яровой пшеницы на формирование элементов структуры урожая и изменение фитосанитарной ситуации по комплексу вредных организмов.

Исследования провели в лесостепи Западной Сибири на базе севооборотов и агроландшафтов ЗАО «Преображенское» Новосибирской обл. в 2003–2005 гг. Размер каждого поля (экосистемы) яровой пшеницы — 100–310 га. Ежегодно исследования проводили на общей площади 1170–1379 га (суммарно — 3727 га). Всего проанализировано 18 элементарных агроэкосистем (полей), расположенных на выщелоченном черноземе в различных севооборотах (зернопаровом, зернотравном, зернокормовом), пространственно удаленных на десятки километров и разделенных колками, оврагами. Преобразуемые человеком агроэкосистемы составляли примерно 40–45% общей площади агроландшафта.

По каждой агроэкосистеме учитывали состав и время проведения агротехнических приемов, фитосанитарное состояние почвы, семян, посевов; агрохимическую характеристику почвы, параметры основных элементов структуры урожая, биологическую и хозяйственную урожайность яровой пшеницы. Информацию получали по результатам учетов на площадках площадью 0,25 м² по каждой агроэкосистеме в 6–8-кратной повторности по периодам формирования основных элементов струк-

туры урожая. В общей сложности по 18 агроэкосистемам проанализировано более 110 площадок. Одновременно проводили экспедиционно-маршрутные наблюдения общего состояния посевов.

Анализ технологии возделывания яровой пшеницы показал, что одна часть технологических операций проводится в хозяйстве постоянно из года в год, в то время как другая ежегодно изменяется в зависимости от ресурсного обеспечения, погодных и других факторов (табл. 1).

Таблица 1. Основные технологические приемы возделывания яровой пшеницы в ЗАО «Преображенское» (анализ 18 агроэкосистем)

Технологический прием	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Зяблевая вспашка	+	+	+
Посев по стерне	+	–	+
Предшественник:			
— пшеница	+	+	+
— пар	+	+	+
— пшеница по пару	–	–	+
— многолетние травы	+	–	–
— оборот пласта многолетних трав	–	+	–
— викоовсяная смесь	+	–	–
— озимая рожь	+	–	–
Сорт:			
— Новосибирская 22	+	+	+
— Новосибирская 29	+	+	+
— Обская 14	+	+	+
Предпосевная обработка семян:			
— обогрев	+	–	+
— протравливание	+	–	±
Предпосевная обработка почвы:			
— боронование в 2 следа	+	+	+
— выравнивание с боронованием	+	+	±
— культивация с боронованием	+	+	±
Норма высева, 6 млн всхожих зерен/га	+	+	+
Срок посева:			
— до 20.05	+	+	+
— 21.05–31.05	+	+	+
— 1.06–8.06	–	+	+
Глубина заделки семян:			
— в пределах длины колеоптиле	+	+	+
— глубже средней длины колеоптиле	+	+	+
Рядовой способ посева	+	+	+
Прикатывание после посева	+	+	+
Применение гербицидов	±	±	±
Внесение удобрений (азофоска, азопр-ципитат — 70 кг/га)	+-	–	–

Примечание: + — проводили мероприятие, – — не проводили, ± — проводили на части полей

Каждый из технологических приемов имеет определенное фитосанитарное значение. Например, вспашка способствует глубокой заделке в почву инфицированных растительных остатков и зимующих стадий (фаз) развития вредных организмов: плодовых тел, пикнид, конидий, хламидоспор, мицелия фитопатогенов (возбудители септориоза, мучнистой росы, корневых гнилей), пупариев яровой и шведской мух, личинок трипса, имаго пьявиц, семян сорных растений. Кроме возбудителей корневых гнилей, жизненный цикл перечисленных вредных организмов адаптирован преимущественно к наземно-воздушной среде. Поэтому после перезимовки в разных слоях почвы и под растительными остатками они для продолжения жизненного цикла обязательно выходят в наземно-воздушную среду. При глубокой вспашке (20–22 см) зимующие фазы и propagулы попадают в нижние горизонты почвы, а поэтому частично погибают, или их выход на поверхность почвы существенно затрудняется. Происходит снижение плодovitости и способности осваивать новые экологические ниши в агроэкосистемах. Что касается возбудителей корневых гнилей, нематод, проволочников, то они адаптированы к длительному выживанию в почве и их перемещение в более глубокие слои не наносит существенного вреда популяциям.

Пшеница как предшественник способствует размножению всех групп вредных организмов, в то время как паровому звену севооборота принадлежит существенная фитосанитарная роль в снижении засоренности, гибели инфекционных структур фитопатогенов на инфицированных растительных остатках при их минерализации, снижении общей численности фитофагов из-за отсутствия питающих растений [Торопова, 2005].

Возделываемые в хозяйстве сорта как эдификаторы агроэкосистем не обладают необходимой устойчивостью к вредным организмам, вследствие чего происходит нарушение формирования основных элементов структуры урожая. Однако применяемые оптимальная норма высева семян, приемы пред- и послепосевной обработки почвы позволяли избегать значительного изреживания посевов, стабилизируя их фитосанитарное состояние (табл. 2).

Анализ фитосанитарного состояния агроэкосистем свидетельствует о том, что основными проблемами являются засоренность посевов и развитие корневых гнилей. Чрезвычайно высоким (превышение порога вредности в 60 раз) оказался запас семян сорняков в почве, обусловленный низкой конкурентоспособностью растений пшеницы и высокой плодovitостью сорных растений, среди которых преобладали гречишка татарская, несколько видов ширицы, просовидные, овсюг, вьюнок полевой, молочай лозный и др.

Возбудители корневой гнили адаптированы в большой степени к передаче ежегодно через почву (превышение ПВ в 3,2 раза) и в меньшей степени — через семена (превышение ПВ в 1,5 раза). С семенами ежегодно происходит массовая (до 60% и более) передача возбудителей черноты зародыша зерна. Возможно сильное (до 18%) повреждение растений внутрисклебевыми вредителями. После многолетних трав заметна вредоносность проволочников и личинок пластинчатоусых жуков.

Агрохимическая характеристика почв свидетельствует о хорошем обеспечении их фосфором и калием и наличии дефицита по азоту, который находился в первом минимуме. Поэтому практикуемое в хозяйстве внесение сложного азотно-фосфорного удобрения (азофоска, азопреципитата) вполне оправдано. При отмеченной фитосанитарной и агрохимической ситуации применяемые агротехнологии обеспечивали получение биологической урожайности по полям при одних и тех же погодных условиях от 0,84 до 3,58 т/га (в среднем по 18 агроэкосистемам за 2003–2005 гг. — 2,46 т/га).

Изменение технологических приемов возделывания яровой пшеницы по годам на фоне постоянных агроприемов либо улучшало фитосанитарное состояние

агроэкосистем (фитосанитарные предшественники, протравливание семян, внесение удобрений, применение гербицидов), либо ухудшало его (глубокий посев, неблагоприятный его срок, посев по стерне без применения гербицидов и компенсирующих доз азотных удобрений и др.). Вследствие этого создавались различные условия для формирования элементов структуры урожая в отмеченном диапазоне. Несмотря на одинаковую норму высева (6 млн всхожих зерен/га), к концу вегетации формировалась различная густота продуктивного стеблестоя: на 36,8% полей — разреженная, на 63,2 % — в пределах оптимальных параметров для лесостепи Западной Сибири.

Таблица 2. Фитосанитарное состояние агроэкосистем яровой пшеницы (средние данные по 18 агроэкосистемам)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее
Фитосанитарное состояние почвы:			
— инфекционный потенциал <i>Bipolaris sorokiniana</i> , конидий/г воздушно-сухой почвы	14	155	64
— запас (банк) семян сорняков, млн шт/га	734	3422	2422
Агрохимическое состояние почвы, мг/кг почвы:			
— P_2O_5	150	200	180
— K_2O	180	180	180
— $N-NO_3$	3	15	6,7
— гумус, %	6	8	7
— pH	5,1	5,6	5,5 и выше
Фитосанитарное состояние семян (зараженность фитопатогенами и фитотоксикантами, %):			
— <i>B. sorokiniana</i>	2	11	5,9
— <i>Fusarium</i> sp.	4	12	7,3
— <i>Penicillium</i> sp.	1	15	4,8
— <i>Alternaria tenuis</i>	34,5	61	47,3
— чернота зародыша	2,6	11,5	5,6
Поражение проростков, %	19,1	65,6	35,3
Развитие корневых гнилей, %	8,6	33,9	15,1
Повреждение внутрисклебевыми фитофагами, %	2	18	12,5
Засоренность посевов:			
— численность, шт/м ²	14	914	127
— сырая масса, г/м ²	32,7	240,8	81,2
Поражение листостеблевыми инфекциями (септориоз, бурая ржавчина), %:			
— развитие болезней	2,6	9,5	5,1
— распространенность	72	100	84
Биологическая урожайность, т/га	0,84	3,58	2,46

Анализ густоты продуктивного стеблестоя выявил различную частоту применения агроприемов на оптимальных и разреженных посевах. В оптимальных по густоте продуктивного стеблестоя агроэкосистемах чаще применяли агроприемы, которые способствовали оптимизации фитосанитарного состояния почвы (фитосанитарные предшественники), ограничивали выживаемость наземно-воздушных или листостеблевых вредных организмов (отвальная зябь), оздоравливали всходы от корневых гнилей благодаря протравливанию семян, выравниванию почвы с боронованием перед посевом, внесению азотно-фосфор-

ных сложных удобрений в рядки, посеву при физической спелости почвы.

На изреженных посевах в 40% случаев (чаще в 1,2 раза) посев производили после дискования стернового фона, преимущественно по восприимчивым предшественникам (пшеница, озимая рожь), отсутствовало внесение минеральных удобрений в рядок и, как правило, чаще применяли гербициды из-за повышенной засоренности таких посевов не только в текущем году, но и в последующие годы, т.к. формировался более высокий (в 1,4 раза) запас семян сорняков в почве. Выявленный агрокомплекс оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем и густоты продуктивного стеблестоя обеспечивал повышение биологической урожайности на 6,7 ц/га (32,8%).

Анализ второго основного элемента структуры урожая — озерненности колоса яровой пшеницы показал, что этот показатель варьировал от 13,3 до 19,2 зерен/колос, составляя в среднем 15,7 зерен/колос, что значительно ниже оптимального параметра (20 зерен/колос и выше) [Чулкина, Торопова, Чулкин, 2002]. Повышенная озерненность колоса формировалась в 44,4% агроэкосистем, низкая — в 55,6%. Эти агроэкосистемы отличались частотой проведения агроприемов (табл. 3).

Нам удалось выделить всего 4 агроприема, которые способствовали существенному повышению числа зерен в колосе: фитосанитарные предшественники (многолетние травы, пар, горох с овсом), посев при физической спелости почвы (до 20.05), применение гербицидов и внесение азотно-фосфорных сложных удобрений в рядок. Отмечена также тенденция положительного действия выравнивания почвы с боронованием и культивации с боронованием.

Указанные приемы ограничивали развитие корневых гнилей, засоренность, повышая общую устойчивость растений пшеницы к вредным организмам. При этом, что особенно важно для Сибири, происходило более существенное оздоровление от корневых гнилей первичной и вторичной корневой системы, ответственной за снабжение влагой и питательными элементами растений в период весенне-летней засухи.

Таблица 3. Комплекс агроприемов, обеспечивающий повышение числа зерен в колосе

Агроприем, показатель	Частота применения агроприемов, % при формировании в среднем зерен/колос	
	Повышенное (18,2)	Низкое (15,2)
Агроприем		
Фитосанитарные предшественники	50,0	30,0
Срок посева: при физической спелости почвы до 20.05	50,0	20,0
Применение гербицидов	50,0	30,0
Внесение удобрений в рядки	25,0	20,0
Фитосанитарное состояние посевов		
Развитие корневых гнилей по органам, %		
— первичные корни	24,2	31,4
— вторичные корни	20,6	27,0
— эпикотиль	24,8	28,6
— основание стебля	18,1	21,5
среднее	19,5	27,1
Сырая масса сорняков, г/м ²	71,7	94,1
Урожайность		
Биологическая урожайность, ц/га	27,7	23,2
Прибавка урожайности, %	19,4	—

Обращает внимание на себя тот факт, что применение гербицидов, не оказавшее положительного влияния на формирование густоты продуктивного стеблестоя, в 50% случаев способствовало формированию повышенного числа зерен в колосе.

Биологическая урожайность при более частом проведении агроприемов, способствующих оптимизации фитосанитарного состояния посевов и озерненности колоса, возрастала на 19,4%.

Третий элемент структуры урожая (масса 1000 зерен) в целом соответствовал показателям крупности зерна (30—38 г) для районированных в Сибири сортов яровой пшеницы. Агроэкосистемы с более крупным зерном (36,1—38, в среднем — 36,6 г) составляли 53,8%, а с более мелким (30—34,8, в среднем — 33,2 г) — 46,2%. Применяемые на указанных посевах агротехнологии отличались по частоте применения пяти агроприемов.

В отличие от первых двух элементов структуры урожая, налив зерна улучшался при посеве с 21.05 по 31.05, совпадая с массовым посевом яровой пшеницы в регионе. Часть площадей была засеяна 1.06—8.06, что создавало критическую ситуацию, т.к. затягивались сроки созревания и уборки, возникала опасность попадания неубранной пшеницы под снег.

В целом агроприемы, улучшающие налив зерна, в некоторой степени оптимизировали фитосанитарное состояние посевов по корневым гнилям, сорнякам, а также листовостеблевым инфекциям (септориоз, бурая ржавчина). Биологическая урожайность при оптимизации фитосанитарного состояния посевов и налива зерна возрастала с 2,50 до 2,93 т/га (на 17,2%).

Биологическая урожайность зерна увеличивалась при оптимизации фитосанитарного состояния посевов и формировании количественных параметров всех трех основных элементов структуры урожая. Однако роль разных агроприемов в общей технологии формирования элементов структуры урожая была различной (табл. 4).

Таблица 4. Частота положительного действия агроприемов на формирование основных элементов структуры урожая

Агроприем	Продуктивный стеблестой	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен
Основная обработка почвы — отвальная зябь	++	+	+
Предшественники пар, горох с овсом, многолетние травы	+++	+++	+
Норма высева 6 млн всхожих зерен/га	+++	+	+
Выравнивание почвы перед посевом с боронованием	+	+	+
Срок посева до 20.05	++	+++	—
Срок посева 21.05—31.05	+	+	+++
Внесение NP в рядок	+	+	+
Применение гербицидов	—	+++	+

Примечание: — — увеличение эффекта не выявлено; + — увеличение положительного эффекта до 30%, ++ — увеличение положительного эффекта на 31—70%, +++ — увеличение положительного эффекта на 71% и выше

На фоне применения постоянных агроприемов (сорта Новосибирская 22, Новосибирская 29, Обская 14, 2-кратного ранневесеннего боронования, нормы высева 6 млн всхожих зерен/га, рядового способа посева, прикатывания после посева) дополнительные агроприемы поразному улучшают формирование элементов структуры урожая. Их положительное действие на их формирование по принципу дополнительности располагалось в следующем нисходящем порядке:

— на густоту продуктивного стеблестоя — норма высева, фитосанитарные предшественники, отвальная зябь, посев при физической спелости почвы, внесение NP в рядок, выравнивание поверхности перед посевом;

— на число зерен в колосе — фитосанитарные предшественники, посев при физической спелости почвы, применение гербицидов, отвальная зябь, внесение NP в рядки;

— на массу 1000 зерен — посев календарно с 21.05 по 31.05, применение гербицидов, фитосанитарные предшественники, внесение NP в рядки.

Такое ранжирование действия агроприемов позволяет научно обоснованно применять наиболее эффективные и дешевые (малозатратные) из них в зависимости от особенностей формирования количественных параметров основных элементов структуры урожая по агроэкосистемам (полям).

Достигнутые в ЗАО «Преображенское» параметры основных элементов структуры урожая позволяют получать биологическую урожайность не менее 3 т/га без массового применения пестицидов, и особенно гербицидов. Однако фитосанитарное состояние посевов при этом остается еще неблагоприятным, особенно по засоренности (высокий запас семян сорняков в почве, превышение допустимой численности и фитомассы в 2—3 раза), а также развитию корневых гнилей из-за высокого инфекционного потенциала возбудителя в почве.

Для дальнейшей оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем в направлении повышения урожайности зерна яровой пшеницы важно полнее адаптировать базовые фитосанитарные технологии, разработанные для условий Сибири [Чулкина и др., 2001]. При этом особую актуальность приобретают совершенствование фитосанитарных технологий, обеспечивающих оптимизацию густоты продуктивного стеблестоя и увеличение озерненности колоса: систематическое внесение орга-

нических, особенно сидеральных, удобрений и азотных удобрений, создание эффективного ложа для семян, исключение рассева семян сорняков в период уборки, применение глифосатсодержащих гербицидов в паровом поле и др.

Таким образом, агротехнологии, оптимизирующие фитосанитарное состояние посевов, особенно по ограничению развития корневых гнилей и засоренности, одновременно способствуют улучшению формирования всех основных параметров элементов структуры урожая яровой пшеницы (густота продуктивного стеблестоя, число зерен в колосе и масса 1000 зерен). Выявлена закономерность увеличения биологической урожайности яровой пшеницы при оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем по периодам формирования элементов структуры урожая в следующем нисходящем порядке: густоты продуктивного стеблестоя (32,8%), озерненности колоса (19,4%), массы 1000 зерен (17,2%). На фоне применения постоянных агроприемов (зяблевая вспашка; посев сортов Новосибирская 22, Новосибирская 29, Обская 14; 2-кратное ранневесеннее боронование; предпосевная культивация с боронованием; норма высева 6 млн всхожих зерен/га; прикатывание почвы после посева рядовым способом) выявлено существенное положительное влияние фитосанитарных предшественников (пар, горох с овсом, многолетние травы) и посева яровой пшеницы протравленными семенами при физической спелости почвы на улучшение формирования густоты продуктивного стеблестоя и числа зерен в колосе, а посева с 21.05 по 31.05 (массовый сев зерновых в зоне) — на массу 1000 зерен. Применение гербицидов положительно сказалось на формировании преимущественно числа зерен в колосе. Оптимизация густоты продуктивного стеблестоя дает возможность снизить применение гербицидов в 1,2 раза без снижения урожайности.