

## ГЛАВА 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНА ФОСФЕМИДА НА ЯЧМЕНЕ

Перед селекционерами стоят задачи по созданию новых высокоурожайных сортов, отличающихся устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, обладающих хорошим качеством продукции. Как уже было упомянуто выше, успех в селекции во многом зависит от наличия необходимого исходного материала, который также эффективно может быть получен при использовании метода экспериментального мутагенеза (Козаченко, 1993).

Как отмечал Д.Ф. Петров (1980), индуцированный мутагенез, является принципиально отличающимся методом от классической селекции. Его преимущество не только в сохранении времени, сил и средств на проведение отбора ценных признаков, а также в переходе количественных изменений в качественные, что обеспечивает появление новых свойств и возможностей. Использование химического мутагенеза имеет большие возможности, с его помощью удаётся получить формы, отличающиеся нужным проявлением признаков, в относительно короткие сроки (Шевцов и др., 1993).

Общеизвестным является тот факт, что действие сильных химических мутагенов способно вызывать наследственную изменчивость. Метод химического мутагенеза широко и эффективно применяется при создании селекционно-ценных форм растений в различных почвенно-климатических условиях, в том числе в Западной Сибири (Поползухина, 2004; Кротова, 2009; Боме Н.А., Боме А.Я., 2012).

Среди химических супермутагенов широкое распространение получили этиленимин, нитрозэтилмочевина, нитрозометилмочевина, нитрозодиметилмочевина, нитрозометилбиурет, 1,4-бис-диазоацетилбутан, диметилсульфат, диэтилсульфат, и др. По мнению Н.С. Эйгес (2013) выход мутаций при использовании химических мутагенов выше, чем при использовании ионизирующих излучений.

Эффективность мутагена и возможности его дальнейшего использования зависят от специфичности применяемого химического вещества (Зими́на, 1984). В настоящее время, к числу основных задач, ставящимися исследователями при использовании индуцированного мутагенеза является поиск новых мутагенных ве-

ществ, обладающих низкой токсичностью, обеспечивающих выход качественно новых жизнеспособных мутаций (Моргун и др., 2013).

Нами проведён эксперимент с использованием химического мутагена фосфемида (фосфазин). Полное название фосфемида – ди-(этиленимид)-пиримидил-2-амидофосфорной кислоты (рис. 27).

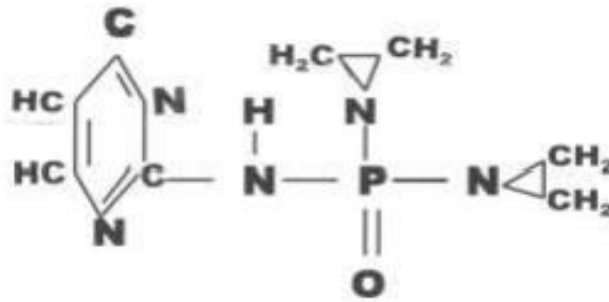


Рисунок 27 - Фосфемид sin. фосфазин (Phosphemidum, Phosphasin)

Данный препарат содержит две этилениминные группы. В генетике этиленимин является широко известным мутагеном. В состав фосфемида также входит пиримидиновое основание, соединенное с амидофосфорной кислотой. Фосфемид представляет собой белый кристаллический порошок, растворимый в горячей воде, спирте и уксусной кислоте.

Для нашего эксперимента фосфемид был синтезирован в лаборатории физических и химических методов анализа на Химическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ) профессором Е.В. Бабаевым.

Исследование препарата на семенах *Crepis capilaris* (L.) Wallr., показало, что при концентрациях  $2 \cdot 10^{-3} M$  и  $1 \cdot 10^{-2} M$ , наблюдалось статистически значимое подавление митотической активности, а также высокий уровень хромосомных перестроек. При этом отмечается, что при более высоких концентрациях, происходила фрагментация хромосом (Вайсфельд, 2016).

#### 4.1. Изменчивость количественных признаков ячменя под влиянием фосфемиды

**Полевая всхожесть семян, рост и развитие растений.** В качестве одного из критериев определения реакции ячменя на обработку мутагеном использована полевая всхожесть семян, которая является важным показателем адаптивных свойств сельскохозяйственных культур (Боме и др., 2017).

В первом поколении ( $M_1$ ) исходные три образца ячменя Зерноградский 813 (к-30453, Россия, var. *erectum*), Dz02-129 (к-22934, Эфиопия var. *nigripallidum*), С.І. 10995 (к-30630, Перу var. *sinicum*) на увеличение концентрации химического мутагена отвечали снижением полевой всхожести семян. Отмечено, что наибольшее угнетение ростовых процессов наблюдалось при высокой концентрации. Подчиняясь этой общей закономерности по чувствительности к мутагенному фактору, исследованные образцы существенно различались между собой. Так, у сорта Зерноградский 813 снижение полевой всхожести при концентрации 0,01% по сравнению с контролем составило 42,0%, у образца Dz02-129 – 24,0%, образца С.І. 10995 – 9,0% (табл. 19, прил. 17).

Таблица 19 - Показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений ячменя при различных концентрациях фосфемиды в первом поколении ( $M_1$ ), 2016 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813		Dz02-129		С.І. 10995	
	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %
Всхожесть семян, %						
Контроль	68,0±1,63	4,80	63,0±3,78	12,01	76,0±4,89	12,89
0,002%	43,0±5,00*	23,25	57,0±6,60	23,18	74,0±6,00	16,21
0,01%	26,0±1,15*	8,88	39,0±4,43*	22,74	67,0±6,60	19,72
Выживаемость растений, %						
Контроль	94,3±2,26	4,81	84,5±2,60	6,16	83,3±9,09	21,83
0,002%	98,2±1,80	3,66	89,9±4,40	9,79	92,6±3,01	6,51
0,01%	100,0±0,00*	0,00	93,3±4,32	9,26	93,4±6,57	14,07

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

В контроле этот показатель составил 68,0; 63,0 и 76,0% соответственно. Прорастание семян и формирование всходов проходили при повышенных средне-

суточных температурах воздуха, на фоне недостатка влаги (третья декада мая 2016 г.).

В течение вегетационного периода растения ячменя в вариантах с фосфемидом проявили более высокую устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, что нашло отражение в показателях выживаемости растений. У сорта Зерноградский 813 после обработки семян мутагеном в концентрации 0,01% гибели растений не наблюдалось, при концентрации 0,002% гибель была незначительной (1,8% по отношению к всходам). Максимальное увеличение выживаемости в опытных вариантах у других образцов (Dz02-129 и С.І. 10995) составило 8,9% и 10,1% соответственно. В контроле более высокие адаптационные свойства по отношению к факторам среды проявил сорт Зерноградский 813.

Полученные данные указывают на то, что более высокие концентрации мутагена существенно снижают полевую всхожесть семян, но способствуют ослаблению отрицательного воздействия неблагоприятных факторов в период вегетации растений.

Мутантные популяции в поколении  $M_2$  по полевой всхожести семян, как и в поколении  $M_1$ , были ниже или на уровне контроля (табл. 20, прил. 20).

Таблица 20 - Показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений ячменя при различных концентрациях фосфемиды во втором поколении ( $M_2$ ), 2017 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813		Dz02-129		С.І. 10995	
	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %
Всхожесть семян, %						
Контроль	72,5±4,78	13,20	57,5±10,50	36,54	67,5±3,22	9,56
0,002%	46,7±1,96*	8,43	43,4±3,34	15,44	46,7±5,22*	22,39
0,01%	69,7±1,93	5,56	59,9±1,42	4,74	53,0±4,18*	15,80
Выживаемость растений, %						
Контроль	77,8±8,01	20,62	76,4±9,14	23,94	78,7±3,92	9,97
0,002%	85,8±1,16	2,72	80,1±1,47	3,67	77,8±2,08	5,36
0,01%	86,8±2,81	6,48	80,9±6,85	16,94	73,5±5,37	14,62

Примечание: \*- различия достоверны с контролем при  $P < 0,05$ .

При этом достоверные различия отмечены у образца С.І. 10995 (к-30630) и Зерноградский 813 (к-30453) в варианте 0,002%, что может указывать на сохране-

ние эффекта после мутагенной обработки. Выживаемость растений в период вегетации составила около 80%, и существенных различий между вариантами не было

В поколении  $M_3$  (2018 г.) прорастание семян и формирование всходов проходило в крайне неблагоприятных условиях. Среднесуточная температура воздуха в мае была на  $3,1^\circ\text{C}$  ниже среднего многолетнего значения, количество осадков по отношению к норме составило 182%. Значительная часть осадков (37,8%) выпала в течение одного дня (04.05), что говорит о неравномерном их распределении. В период посева и прорастания семян отмечался недостаток влаги, ранний онтогенез растений сопровождался переувлажнением. В этих условиях отмечены низкие показатели полевой всхожести семян, особенно в вариантах без обработки фосфемидом (контроль) (от 36,3% у образца Dz02-129 до 46,3% у С.И. 10995) (табл. 21).

Таблица 21 - Показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений ячменя при различных концентрациях фосфемиды в третьем поколении ( $M_3$ ), 2018 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813		Dz02-129		С.И. 10995	
	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %
Всхожесть семян, %						
Контроль	45,0±1,22	27,21	36,3±2,01	55,60	46,3±2,32	50,22
0,002%	65,9±3,23*	30,64	57,0±5,11*	42,04	69,2±2,81*	25,37
0,01%	38,4±3,90	55,87	55,0±5,41*	38,10	66,0±2,32*	25,91
Выживаемость растений, %						
Контроль	89,4±7,87	17,61	74,3±14,58	39,25	78,7±7,62	19,38
0,002%	80,3±2,23	17,38	87,6±3,07	16,47	80,9±2,56	19,79
0,01%	86,3±3,43	21,06	88,2±2,88	12,65	80,6±1,90	17,35

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

У изменённых форм при двух концентрациях мутагена наблюдалось статистически достоверное увеличение полевой всхожести семян по отношению к контролю. В варианте опыта с концентрацией фосфемиды 0,002% полевая всхожесть изменялась от 57,0% (Dz02-129) до 69,2% (С.И. 10995). О широком размахе варьирования признака свидетельствует высокое значение коэффициента вариации (CV) у всех образцов: концентрация 0,002% – от 25,37% (С.И. 10995, Перу) до 42,04% (Dz02-129, Эфиопия); концентрация 0,01% – от 25,91% (С.И. 10995) до

55,87% (Зерноградский 813). Закономерности, выявленные в поколениях  $M_1$  и  $M_2$ , в третьем поколении  $M_3$  не подтвердились, что позволяет предположить о повышении адаптивных свойств в популяциях ячменя, обработанных фосфемидом.

**Высота растений, длина колоса, устойчивость к полеганию.** Рост и развитие растений ячменя, полученных из обработанных и необработанных химическим мутагеном фосфемидом, проходили неодинаково, что сказалось на фенотипическом проявлении морфологических признаков.

И.А. Рапопорт (1984) считал, что фенотип главным образом зависит от внешней среды, вариации эффекта вносимых удобрений, обработки почвы, ухода за растениями и их защиты. Фенотип зависит от генетической структуры, которая его определяет. Химические мутагены, взятые в ингибирующих дозах, способны вызывать отрицательные модификации, но в слабых дозах они всегда индуцируют положительные модификации.

При анализе высоты растений выявлено, что ответная реакция по данному признаку изученных образцов на воздействие фосфемидом была неоднозначной. Эффект стимуляции роста растений в высоту отмечен у сорта Зерноградский 813 при двух концентрациях мутагена (0,002% и 0,01%) (табл. 22, прил. 18).

Таблица 22 - Высота растений, длина колоса и устойчивость к полеганию в контроле и после обработки фосфемидом в первом поколении ( $M_1$ ), 2016 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813		Dz02-129		С.И. 10995	
	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %	$X_{cp} \pm S_x$	CV, %
Высота растений, см						
Контроль	75,2±0,46	1,22	89,1±0,53	1,19	85,9±0,93	2,16
0,002%	86,9±0,31*	0,71	84,6±0,90*	2,12	87,9±1,60	3,64
0,01%	86,2±1,30*	3,01	88,6±1,74	3,94	82,8±1,78	4,30
Длина колоса (с остями), см						
Контроль	19,6±0,36	3,77	20,7±0,06	0,62	10,3±0,10	2,01
0,002%	21,0±0,71	6,77	19,4±0,60*	6,19	10,4±0,08	1,57
0,01%	22,3±0,19*	1,72	19,5±1,06	10,84	10,4±0,28	5,52
Устойчивость к полеганию, балл						
Контроль	9,0		4,3		4,0	
0,002%	9,0		4,0		6,0	
0,01%	9,0		4,0		5,0	

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

Растения в вариантах с фосфемидом были выше контрольных растений более, чем на 14 см, при этом устойчивость к полеганию продолжала оставаться высокой (9 баллов), несмотря на ливневые дожди в фазе колошения, сопровождаемые сильными ветрами.

У образцов Dz02-129 и С.І. 10995 различия по высоте растений между контролем и вариантами с фосфемидом были менее выражены. Образец из Эфиопии характеризовался снижением высоты растений на 4,5 см лишь в варианте с концентрацией мутагена 0,002%.

Существенным недостатком этих образцов является слабая устойчивость растений к полеганию, которая в контроле не превышала 4 баллов. Обработка семян фосфемидом не привела к изменениям по данному признаку у Dz02-129. В то же время отмечено повышение устойчивости растений к полеганию у С.І. 10995 до 6 баллов при концентрации раствора мутагена 0,002% и 5 баллов при концентрации 0,01%.

Аналогичная изменчивость под влиянием мутагена отмечена по длине колоса (с остями). Достоверное увеличение признака по сравнению с контролем наблюдалось только у сорта Зерноградский 813 при концентрации 0,01%, а также у образца Dz02-129 при концентрации 0,002%. В остальных случаях по значениям признака в контрольном и опытном вариантах существенных отличий не обнаружено. Степень изменчивости рассматриваемых признаков была слабой, так как коэффициент вариации, как в контрольных, так и опытных вариантах не превышал 10%.

По высоте растений в  $M_2$  эффект стимуляции от действия фосфемиды наблюдался у сорта Зерноградский 813 при двух изучаемых концентрациях. Превышение над контролем по данному признаку составило 7,4-10,7 см, устойчивость растений к полеганию, также, как и в  $M_1$  высокая (9 баллов) (табл. 23, прил. 21,22). Ярко выраженная активация роста растений в высоту отмечена у образца Dz02-129 под действием мутагена, особенно при слабой концентрации раствора (0,002%). В первом поколении ( $M_1$ ) в данном варианте было обнаружено достоверное снижение высоты растений по сравнению с контролем. В  $M_2$  растения в

варианте со слабой концентрацией характеризовались повышением устойчивости к полеганию.

Таблица 23 - Высота растений, длина колоса и устойчивость к полеганию в контроле и после обработки фосфемидом во втором поколении ( $M_2$ ), 2017 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813		Dz02-129		С.І. 10995	
	$X_{cp} \pm Sx$	CV, %	$X_{cp} \pm Sx$	CV, %	$X_{cp} \pm Sx$	CV, %
Высота растений, см						
Контроль	75,3±1,45	4,33	77,7±1,47	4,23	82,6±0,72	1,95
0,002%	82,7±1,18*	8,95	95,5±1,34*	6,59	85,8±0,74*	5,41
0,01%	86,0±1,22*	6,98	83,9±1,85*	8,55	77,5±1,33*	12,99
Длина колоса (с осями), см						
Контроль	8,5±0,08	2,14	7,2±0,14	4,39	9,4±0,12	2,88
0,002%	9,2±0,18*	12,30	9,8±0,27*	12,82	10,9±0,37*	21,40
0,01%	7,6±0,24*	15,46	8,3±0,39*	18,45	8,4±0,25*	22,73
Устойчивость к полеганию, балл						
Контроль	9,0		4,5		5,0	
0,002%	9,0		6,2		5,2	
0,01%	9,0		4,3		4,7	

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

Обработка семян мутагеном в слабой концентрации (0,002%) приводила к достоверному увеличению длины колоса у всех образцов по сравнению с контролем. Увеличение концентрации химического мутагена (0,01%) оказало отрицательное влияние на проявление данного признака.

Важно отметить, что во втором поколении ( $M_2$ ) различия между вариантами по длине колоса выражены более значительно, чем в первом поколении ( $M_1$ ). Образец С.І. 10995 как в первом, так и во втором поколениях отличался снижением высоты растений при увеличении концентрации мутагена. Растения имели среднюю устойчивость к полеганию и от контроля отличались незначительно.

**Элементы зерновой продуктивности.** В первом поколении ( $M_1$ ) в контроле среднее число продуктивных стеблей у сорта Зерноградский 813 составило 5,4 шт., в опытных вариантах при концентрациях мутагена 0,002 и 0,01% существенных различий с контролем не отмечено (табл. 24).

Образец С.І. 10995 имел 3,8 продуктивных стеблей, в опытных вариантах этот признак колебался в пределах от 3,9 при концентрации 0,002% до 3,7 при



0,01%. Достоверность различий отмечена лишь у образца из Эфиопии Dz02-129 (к-22934), с увеличением концентрации мутагена, наблюдалось увеличение числа продуктивных стеблей на 12,1%.

Таблица 24 - Влияние фосфемиды на продуктивную кустистость одного растения ячменя в первом поколении ( $M_1$ ), 2016 г.

Образец	Продуктивная кустистость, шт.		
	Контроль	0,002%	0,01%
Зерноградский 813	5,4±0,16	5,4±0,18	5,5±0,30
Dz02-129	3,7±0,14	4,1±0,09*	4,2±0,05*
С.И. 10995	3,8±0,16	3,9±0,11	3,7±0,20

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

При анализе массы зерна с одного растения выяснилось, что Зерноградский 813 и С.И. 10995 на увеличение концентрации фосфемиды отвечали снижением данного показателя. Наиболее чувствительный образец С.И. 10995 по отношению к контролю снизил массу зерна с одного растения на 20,7% при концентрации раствора мутагена 0,002% и на 27,4% – при концентрации 0,01%. (табл. 25, прил. 19).

Таблица 25 - Влияние химического мутагена на некоторые показатели зерновой продуктивности ячменя в первом поколении ( $M_1$ ), 2016 г.

Сорт	Вариант опыта	Масса зерна с растения, г	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Зерноградский 813	Контроль	5,4±0,19	0,99±0,02	47,6±1,87
	0,002%	4,8±0,27*	0,84±0,03*	44,7±0,74
	0,01%	4,4±0,42*	0,76±0,04*	43,8±1,56
Dz02-129	Контроль	2,6±0,33	0,69±0,07	23,9±0,44
	0,002%	1,9±0,09*	0,42±0,02*	24,2±0,42
	0,01%	2,4±0,18	0,58±0,04	27,5±1,36*
С.И. 10995	Контроль	2,4±0,34	0,63±0,10	23,1±1,26
	0,002%	1,9±0,37	0,46±0,09	24,7±1,95
	0,01%	1,8±0,13*	0,47±0,01	27,8±0,54*

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

У сорта Зерноградский 813 снижение показателя было менее значительным и составило при этих же концентрациях 12,5 и 19,9% соответственно. Подобной закономерности в ответной реакции на обработку семян фосфемидом не наблю-

далось у образца Dz02-129. Падение продуктивности одного растения было незначительным (5,9%) в варианте с высокой концентрацией мутагена (0,01%) по сравнению с концентрацией 0,002% (27,0%)

Отрицательный эффект мутагена наблюдался и в отношении массы зерна с одного колоса. В то же время следует отметить неодинаковую реакцию образцов на воздействие мутагенного фактора. У сорта Зерноградский 813 подтвердилась закономерность, выявленная по изменчивости продуктивности одного растения. Снижение массы зерна с одного колоса было максимальным при высокой концентрации фосфемиды (0,01%) и составило 23,2%. Резкое снижение показателя отмечено у образца Dz02-129 (39,1%) при слабой концентрации 0,002%. Существенными изменениями показателя в ответ на мутаген характеризовался образец С.И. 10995, но достоверных различий между вариантами с разными концентрациями не обнаружено.

Анализ массы 1000 зёрен позволил выявить сходные результаты по реакции на мутаген по массе зерна с растения и колоса только у сорта Зерноградский 813, у которого увеличение концентрации при обработке семян приводило к большему снижению показателя. Вместе с тем, падение данного признака (на 6,1-8,0%) по сравнению с другими элементами продуктивности было менее выражено. Более того, у двух других образцов отмечен стимулирующий эффект по массе 1000 зёрен. При этом максимальное увеличение показателя получено у обоих образцов при высокой концентрации (на 15,1% – Dz02-129 и 20,3% – С.И. 10995).

Таким образом, установлена чувствительность поколения  $M_1$  к химическому мутагену. В полевых условиях химический мутаген фосфемид оказывал как угнетающее, так и стимулирующее действие на такие показатели как: полевая всхожесть семян, высота растений, длина колоса и элементы продуктивности.

Также показано, что фосфемид в исследуемых концентрациях не оказывает токсичного действия на рост и развитие растений в природных условиях. Эффект данного препарата зависел как от генотипов изучаемых образцов, так и от погодных условий в вегетационный период.

Ингибирующий эффект мутагена в  $M_2$  проявился у всех образцов по массе зерна с растения, при сравнении с контролем снижение составило 21,3-50,0%, и только у сорта Зерноградский 813 при концентрации 0,002% отмечалась увеличение на 48,9%. Анализ массы 1000 зёрен не выявил достоверных различий с контролем в  $M_1$  у сорта Зерноградский 813. У двух других образцов отмечен стимулирующий эффект по данному признаку, при этом максимальное увеличение показателя получено при высокой концентрации (на 15,1% у Dz02-129 и 20,3% у С.И. 10995) (табл. 26).

Таблица 26 - Влияние химического мутагена на некоторые показатели зерновой продуктивности ячменя во втором поколении ( $M_2$ ), 2017 г.

Образец	Вариант опыта	Масса зерна с растения, г	Масса 1000 зёрен, г
Зерноградский 813	Контроль	9,2±0,29	44,5±0,54
	0,002%	13,7±0,83*	41,7±1,29*
	0,01%	6,0±0,79*	44,3±0,96
Dz02-129	Контроль	11,2±2,38	32,0±0,71
	0,002%	8,6±0,83	32,5±2,13
	0,01%	5,6±0,75*	29,1±1,16*
С.И. 10995	Контроль	7,6±0,45	28,8±1,00
	0,002%	8,9±0,78	32,0±0,91*
	0,01%	5,2±0,43*	36,3±1,16*

Примечание: \*- различия достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$ .

В  $M_2$  стимулирующее действие фосфемида, как и в  $M_1$ , отмечено по массе 1000 зёрен у образца С.И. 10995 (до 26,0% при концентрации 0,01%). У сорта Зерноградский 813 значение признака достоверно ниже контроля при концентрации мутагена 0,002%.

**Содержание крахмала в зерне ячменя.** В зерне ячменя крахмал является основным запасным полисахаридом, резервным питательным материалом при развитии зародыша семени, определяет экстрактивность сула в пивоварении (Коданев, 1964; Типсина, Пуляева, 2013; Лопушняк, Вега, 2015; Меледина и др., 2017). Стресс-факторы могут нарушить нормальный уровень крахмала в тканях растений, рассматриваемый как резервуар для сахара и регулирующий баланс углерода в растениях (Talmann, Santelia, 2017).

В нашем исследовании в качестве стресс-фактора рассматривается химический мутаген фосфемид. В литературе описана потеря крахмала в листьях *Hordeum vulgare* L. в ответ на абиотический стресс (Villadsen et. al., 2005; Damour et. al., 2008). Определение массовой доли крахмала на сухое вещество (ГОСТ 10845-98) показало, что у образцов Зерноградский 813 и Dz02-129 обработка семян мутагеном не привела к потере крахмала в зерне (табл. 27). Снижение показателя отмечено у образца С.И. 10995 в варианте с фосфемидом (0,002%), что может быть связано с увеличением связанного крахмала в мезге при переработке зерна.

Таблица 27 - Влияние химического мутагена на влажность и содержание массовой доли крахмала в зерне ячменя во втором поколении (M<sub>2</sub>), 2017 г.

Вариант опыта	Зерноградский 813	Dz02-129	С.И. 10995
Влажность зерна, %			
Контроль	7,7	7,8	7,5
0,002%	7,6	7,4	7,1
0,01%	7,0	7,5	7,2
Массовая доля крахмала, % СВ зерна*			
Контроль	58,4	53,9	50,6
0,002%	58,7	54,7	48,2
0,01%	58,8	54,2	50,7

Примечание: СВ – абсолютно сухое вещество

Высокая влажность зерна при уборке способна отразиться на посевных качествах семян и урожайности, при этом, высокое содержание воды в зерне влияет на пищевую ценность зерна, его переработку, сохранность, а также может способствовать развитию микроорганизмов (Назарова, Щенникова, 2011; Сумина, Полонский, 2013). По нашим данным влажность зерна соответствовала требованиям ГОСТ 13586.5-93.

Крахмальные гранулы состоят из двух типов молекул – амилозы и амилопектина. В пределах амилопластов синтез амилозы достигается благодаря ферменту GBSS (granule-bound starch synthase), также известного, как waxy-протеин. Wx-протеины кодируются генами под названиями вакси (Wx). Каждый неактивный wx – рецессивный аллель вызывает снижение до определенного уровня содержания амилозы в зерне (Рыжкова и др., 2012).

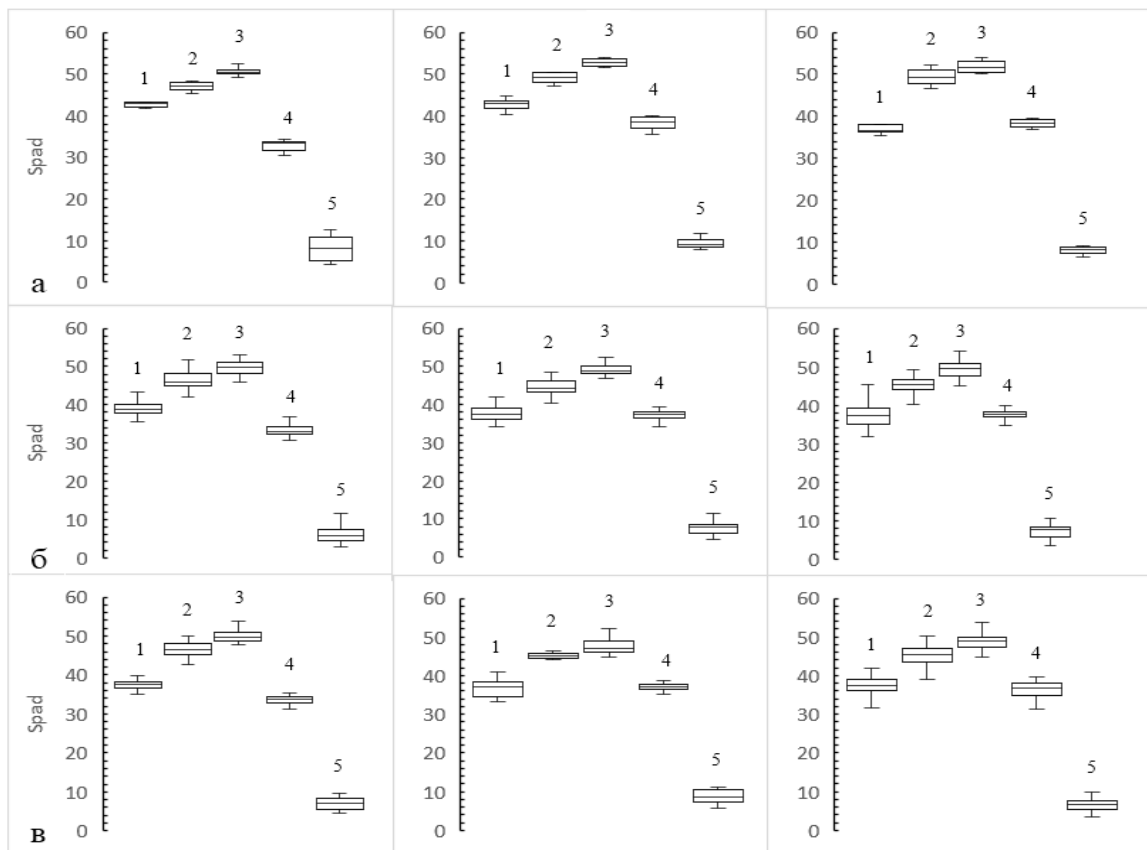
Обработка семян ячменя фосфемидом в концентрации 0,002% у двух образцов (Dz02-129, к-22934, Эфиопия, var. *nigripallidum* и Зерноградский 813, к-30453, Россия, var. *erectum*) приводила во втором поколении (M<sub>2</sub>) к снижению массовой доли амилозы в крахмале на 5,2-6,0%. У образца С.И. 10995, к-30630, Перу, var. *sinicum* отрицательного эффекта от воздействия мутагена не обнаружено. Данный образец характеризовался по сравнению с другими высокой устойчивостью к мутагену по проявлению количественных признаков и обнаружил большее число изменений, как по семьям, так и по отдельным растениям.

По литературным данным, ремобилизация крахмала под воздействием стресса является альтернативным источником энергии и углерода, что способствует получению высококачественных семян даже в неблагоприятных условиях (Talmann, Santelia, 2017).

**Содержание и динамика накопления хлорофилла в листьях ячменя.** В качестве критерия состояния растений в различные периоды роста и развития используют содержание хлорофилла в клетках листьев. В исследованиях, проведенных на разных культурах, показана эффективность использования этого показателя для управления продукционным процессом, а также отбора генотипов, толерантных к биотическим и абиотическим факторам (Wiesler et. al., 2002; Wang, Chen, Li, 2004; Uddling, 2007).

Нами выполнено пять замеров содержания хлорофилла в листьях ячменя в различные фенологические фазы. Ответная реакция сорта Зерноградский 813 на воздействие мутагена проявилась в снижении содержания хлорофилла в фазы кущения и молочной спелости зерна. В остальных случаях существенных различий с контролем не обнаружено.

Образец Dz02-129 оказался более чувствительным, так как достоверное уменьшение количества хлорофилла зарегистрировано при трех промерах, включая молочную и полную спелость зерна в варианте 0,002% У образца С.И. 10995 показания SPAD в вариантах с фосфемидом существенно не отличались от контроля в фазе кущения растений. Снижение хлорофилла отмечено в фазы выхода в трубку молочной, восковой и полной спелости зерна (рис. 28).



Зерноградский 813

Dz02-129

S.I.10995

Фенологические фазы: 1 – кущение; 2 – выход в трубку; 3 – колошение (молочная спелость); 4 - восковая спелость; 5 - полная спелость.

Обозначения: а – контроль; б – концентрация фосфемеда 0,002%; в – концентрация фосфемеда 0,01%; «—» – средняя арифметическая; «□» – стандартная ошибка, ±; «└» – минимальное значение признака (min); «┐» – максимальное значение признака (max).

Рисунок 28 - Результаты измерения содержание хлорофилла в листьях контрольных и мутантных популяций ячменя в поколении М<sub>3</sub> при помощи счётчика SPAD 502, 2018 г.

Таким образом, по накоплению хлорофилла в листьях контрольных и опытных растений в большинстве случаев носило сходный характер, в то время как деградация ускорялась в вариантах с фосфемидом.

#### 4.2. Действие химического мутагена на частоту и разнообразие измененных форм растений ячменя

Генетическая активность мутагенов зависит от целого ряда факторов, основным показателем, определяющим её эффективность, является частота мута-

ций. Нами определена мутабельность, дана характеристика полученных мутаций у исходных образцов ячменя. В целом в вариантах с фосфемидом проанализировано 286 семей по трём образцам. Число семей с измененными растениями, выделенными в  $M_2$ , составило 112 шт. или 39,2% (табл. 28). Каждая семья представляет собой потомство отдельного растения первого поколения  $M_1$ .

Таблица 28 - Общая мутабельность образцов ячменя во втором поколении ( $M_2$ ), 2017 г.

Вариант опыта	Высеяно семян, шт.	Всходы		Сохранилось к уборке растений		Отобрано растений с изменениями	
		шт.	% (к семенам)	шт.	% (к всходам)	шт.	% (к всходам)
Контроль	240	161	67,1	130	80,7	-	-
0,002 %	3168	1445	45,6	1164	80,6	100	6,9
0,01%	2416	1425	58,9	1119	78,5	117	8,2
Всего(фосфемид)	5584	2870	51,4	2283	79,5	217	6,6
Всего (по опыту)	5824	3031	52,0	2413	79,6	217	7,2

В семьях вариантов с фосфемидом проанализировано 2870 растений, включая контроль – 3031. Доля растений с видимыми изменениями составила 7,2%. В целом по сортам доля измененных семей в  $M_2$  составила 21,0% при концентрации фосфемиды 0,002% и 18,2% при концентрации 0,01%; в пересчёте на растения этот показатель составил 6,9 и 8,2% соответственно. Максимальное число изменений, как по семьям, так и по отдельным растениям, зарегистрировано у резистентного к мутагену С.І. 10995. Суммарно у него обнаружено 44,6% семей и 48,9% растений с мутационными изменениями, в то время как на долю образцов Зерноградский 813 и Dz02-129 приходится 34,8 и 21,4% семей, 31,6 и 19,5% растений соответственно.

Мутационные изменения, возникающие под действием фосфемиды, разнообразны по характеру проявления. Выделено 10 типов видимых мутаций, которые затрагивали стебель, листья, колос, физиологические показатели роста и развития, встречались системные мутации. Спектр изменений, отклоняющихся от контроля, во втором поколении был достаточно широким: раннеспелые и позднеспелые формы, крупноколосые, с изменением разновидности, окраски колоса и остей,

выделены растения, у которых отмечено изменение в строении колоса (рис. 29). Также отмечены низкорослые, устойчивые к полеганию растения, с восковым налётом на солоmine.



(**к-30453**), *var. erectum*: 1 – контроль, 2 – крупный колос, 3 – изменение в строении, 4 – ветвистость колоса; (**к-22934**), *var. nigripallidum*: 5 – контроль, 6 – крупный колос, 7 – изменение окраски колоса; (**к-30630**), *var. sinicum*: 8 – контроль; 9 – увеличение длины фурок («курчавый»); 10 – крупный колос; 11 – изменение разновидности (двурядный, остистый); 12 – изменение разновидности (многорядный, остистый).

Рисунок 29 - Мутации колоса индуцированные химическим мутагеном фосфемидом. Автор фото Н.В. Тетяников.

Большее число изменений обнаружено в вариантах с более высокой концентрацией мутагена 0,01% – 117 растений, с концентрацией 0,002% – 100 растений. Наиболее часто отмечались индукции растений с ранним созреванием зерна и крупным колосом. Отмечалась специфичность в индуцировании типов мутаций. Только у образца С.І. 10995 мутагенная обработка привела к появлению другой разновидности на 26 растениях в 13 семьях. Образование интенсивного воскового налета на солоmine и изменение окраски колоса отмечено в 5 семьях образца Dz02-129. Изменениями в строении колоса (ветвистость, булавовидность, многорядность) характеризовались 12 растений из 10 семей сорта Зерноградский 813.

В поколении  $M_3$ , было изучено 112 семей, отобранных в поколении  $M_2$  в вариантах с концентрациями раствора фосфемиды 0,002% и 0,01% (табл. 29). Изменения, выявленные во втором поколении, полностью подтвердились в 52 семьях,



составивших 46,4%. В 54 семьях обнаружены растения, уклоняющиеся от контроля по новым признакам. Таким образом, суммарная доля семей с изменениями составила 84,8%.

Таблица 29 - Число семей с изменениями во втором ( $M_2$ ) и третьем ( $M_3$ ) поколениях ячменя в зависимости от концентрации мутагена, 2017, 2018 гг.

Вариант опыта	Число семей с изменениями			
	выделено в $M_2$ , шт.	подтверждено в $M_3$		с новыми признаками в $M_3$ , шт.
		шт.	%	
0,002 % (всего)	60	18	30,0	30
Зерноградский 813	23	4	17,4	6
Dz02-129	12	5	41,7	9
C.I.10995	25	9	36,0	15
0,01% (всего)	52	34	65,4	24
Зерноградский 813	16	3	18,8	-
Dz02-129	12	9	75,0	8
C.I.10995	25	22	88,0	16

Наиболее высокая частота мутаций, проверенных в  $M_3$  наблюдалась после обработки семян мутагеном с высокой концентрацией. Среди изученных образцов ячменя меньшей мутабельностью характеризовался Зерноградский 813. Модификационная изменчивость в  $M_1$  и  $M_2$  чаще проявлялась по таким признакам, как ранние сроки фазы колошения и крупный колос. В поколении  $M_3$  семьи ячменя с изменениями были проанализированы по показателям роста и развития (табл. 30, прил. 24, 25).

Таблица 30 - Характеристика мутантных форм растений по агробиологическим признакам в третьем поколении ( $M_3$ ), 2018 г.

Вариант, признак	Высота растений, см		Длина колоса, см		Уст-сть к полеганию, балл
	$X_{cp} \pm S_x$	min-max	$X_{cp} \pm S_x$	min-max	
Зерноградский 813 (Россия)					
Контроль	79,5±0,52	78,5-80,6	8,2±0,15	7,9-8,6	9
0,002 %					
Ранние	80,0±1,07	76,1-85,3	8,2 ±0,10	7,7-8,6	9
Крупноколосые	80,2±0,72	74,9-85,3	8,3±0,08	7,6-9,0	9
Низкорослые	80,5±0,79	77,9-84,3	8,4±0,11	8,0-8,9	9
С изменением в строении	82,2±0,79*	76,2-85,1	8,4±0,09	7,9-8,8	9
Позднеспелые	80,5±0,85	79,7-83,1	8,4±0,15	8,2-9,0	9

продолжение таблицы 30

0,01%					
Ранние	84,0±0,99*	74,6-89,2	8,2±0,07	7,8-8,8	9
Крупноколосые	70,8±0,86*	67,9-73,0	8,1±0,05	8,0-8,3	9
Низкорослые	78,9±0,66	76,3-80,4	8,1±0,10	7,9-8,5	9
С изменением в строении	73,8±2,91	67,7-86,4	7,6±0,19*	6,8-8,0	9
Позднеспелые	77,4±2,27	71,8-83,3	7,9±0,14	7,5-8,3	9
Dz02-129 (Эфиопия)					
Контроль	84,9±4,46	71,6-90,0	8,8±0,27	8,0-9,2	3-5
0,002 %					
Ранние	88,1±0,90	84,7-89,6	8,5±0,14	8,0-8,8	5
Крупноколосые	96,2±1,27*	94,1-98,5	8,5±0,20	8,1-8,8	3-5
Устойчивые к поле- ганию, С изменением окраски, С восковым налё- том	102,9±0,80*	99,2-105,3	8,9±0,16	8,2-9,8	3-7
0,01%					
Ранние	93,6±0,90	89,6-99,1	8,6±0,15	8,0-9,3	3-7
Крупноколосые	84,2±0,98	82,3-86,5	7,9±0,14*	7,5-8,1	5
С изменением в строении	74,3±1,47*	69,6-78,2	7,9±0,26*	7,0-8,5	5
С изменением окраски	79,8±2,75	74,3-82,8	7,8±0,17*	7,5-8,1	5
Позднеспелые	83,4±1,62	79,5-87,1	7,9±0,13*	7,6-8,3	5
С.І.10995 (Перу)					
Контроль	74,3±1,57	71,8-78,9	10,3±0,11	10,0-10,5	5-7
0,002 %					
Ранние	73,6±1,07	65,1-79,5	9,1±0,12*	8,4-9,9	5-9
Крупноколосые	84,9±0,98*	77,0-95,2	9,8±0,14*	8,7-11,5	5-9
Устойчивые к поле- ганию	83,1±2,19*	77,0-90,6	9,8±0,28	9,1-10,5	5-9
С изменением раз- новидности	89,9±1,25*	88,6-91,1	8,8±0,20*	8,6-9,0	7-9
0,01%					
Ранние	78,6±1,33*	65,1-88,5	8,9±0,09*	8,2-10,1	5-9
Крупноколосые	67,9±1,26*	64,7-72,7	8,9±0,28*	7,9-9,7	5-9
С изменением раз- новидности	90,1±1,28*	79,7-99,2	9,2±0,09*	8,1-10,0	3-9
Устойчивые к поле- ганию	66,6±0,80*	65,8-67,4	8,1±0,15*	7,9-8,2	9

Примечание: \*- различия статистически достоверны при сравнении с контролем при  $P < 0,05$

Растения сорта Зерноградский 813 по высоте в группе с изменением строе- ния колоса (концентрация мутагена 0,002%) и раннеспелой группе (концентрация

0,01%) достоверно превышали растения в контроле (без мутагена). В то же время крупноколосые формы по значениям данного признака существенно уступали контролю. По длине колоса достоверных различий не обнаружено. Исходные и мутантные растения обладали высокой устойчивостью к полеганию (9 баллов).

У образца Dz02-129 (Эфиопия) растения наряду с признаками крупного колоса, изменения окраски колоса и наличия воскового налета на солоmine, отличались по признаку высоты в фазе колошения, превысив растения в контрольном варианте на 11,3-18,0 см (концентрация мутагена 0,002%). Концентрация фосфемиды 0,01% способствовала снижению признака у растений, отобранных по изменениям в строении колоса. Длина колоса в четырех группах (крупноколосые, с изменением строения и окраски колоса, позднеспелые) достоверно меньше, чем у исходных форм. Для образца характерна низкая устойчивость к полеганию (3-5 балла). Применение мутагена позволило получить формы, сочетающие относительно высокие показатели полевой всхожести семян, выживаемости растений в период вегетации с повышенной устойчивостью к полеганию (7 баллов).

У образца С.І. 10995 (Перу) наряду с описанными выше признаками, в спектре мутаций обнаружены формы с новой разновидностью. Во втором поколении ( $M_2$ ) среди фуркатных растений были обнаружены остистые, у которых данный признак сохранился и в третьем поколении ( $M_3$ ). Растения этой группы по сравнению с исходными, формировали более высокий главный побег, при этом длина колоса в вариантах с фосфемидом достоверно снижалась. Устойчивость растений к полеганию оценивалась в пределах от 3 до 9 баллов. Обработка семян фосфемидом в концентрации 0,01% позволила получить низкорослые формы с очень высокой устойчивостью к полеганию (9 баллов), которые представляют ценный исходный материал для селекции ячменя. Формы, выделенные в  $M_2$  по крупности колоса, в условиях вегетационного периода 2018 года ( $M_3$ ) уступали по длине колоса контрольным растениям, но имели преимущество по прочности стебля (9 баллов). Выделенные мутации представляют интерес для практической селекции, оригинальные формы в дальнейшем могут быть использованы для обогащения генетического разнообразия ячменя.

## ГЛАВА 5. РОЛЬ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЯЧМЕНЯ

Почвенно-климатические условия играют немаловажную роль в достижении высокого урожая. Для каждой сельскохозяйственной культуры существует оптимум агроэкологических факторов, непосредственно связанных с количеством и качеством получаемой продукции, к числу таковых можно отнести градиент температур, влажности, освещённости, содержание элементов минерального питания, а также их сочетание, что по мнению А.А. Жученко (1988, 2004), является одним из важных аспектов адаптации растений при агроэкологическом подходе районирования территорий. Для агроэкологического районирования сельскохозяйственных культур и сортов важно учитывать комплекс климатических характеристик для каждой конкретной местности. Знание количественно выраженной биоклиматической потребности каждой культуры позволяет подобрать наиболее подходящий ассортимент культур и сортов (Колосков, 1971; Грингоф, Павлова, 2013).

Сельскохозяйственная территория Тюменской области разделена на четыре агроэкологические зоны, отличающиеся контрастностью по метеорологическим характеристикам (температурный режим, сумма осадков за год и летний период, продолжительность периода вегетации) (табл. 31).

Таблица 31 - Характеристика метеорологических показателей агроэкологических зон Тюменской области (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2008)

Зоны	Сумма температур 10° и выше, °С	Основной период вегетации, с t 10° и более, сутки	Средняя температура воздуха в июле, °С	Средняя температура воздуха в январе, °С	Годовая сумма осадков, мм	Сумма осадков за июнь – август, мм
Таёжная	1730-1850	110-120	16,0-18,3	-16,7...-22,2	400-500	219-210
Подтаёжная	1830-1920	120-130	17,0-18,0	-18,7...-21,0	400-450	190-210
Северная лесостепь	1890-2000	120-130	17,3-20,0	-16,7...-20,0	300-400	145-210
Южная лесостепь	2030-2100	130-140	18,0-21,0	-17,0...-20,0	300-380	160-180

Наиболее благоприятные по температурному режиму условия характерны для зон северной и южной лесостепи, где сосредоточено около 70% пахотных земель и основные площади зерновых культур. Из 1100 тысяч га посевной площади Тюменской области существенную долю (63,3%) занимают зерновые и зернобобовые культуры (Растениеводство в Тюменской области..., 2015).

Ведущей культурой является яровая пшеница и высевается на площади более 400 тыс. га, что составляет около 60% от посевов зерновых и зернобобовых культур. Площади, на которых выращивается ячмень и овес, составляют 20,4 и 15,1% соответственно.

В поиске новых высокопродуктивных сортов, отвечающих требованиям производства, большая роль принадлежит государственным сортоучасткам (ГСУ). С их помощью открывается возможность по результатам всесторонней оценки в различных агроэкологических условиях объективно изучить и рекомендовать для выращивания сорта и гибриды, характеризующиеся высокими адаптивными и продуктивными свойствами (Сапега, 2012; Волощенко, 2014).

Государственная сортоиспытательная сеть была создана при нархозе РСФСР в 1924 году. Сеть включала 23 сортоучастка, на которых испытывалось 5 основных зерновых культур. В дальнейшем государственное сортоиспытание расширялось, и в 1937-1938 гг. было организовано 1055 государственных сортоучастков в различных почвенно-климатических условиях страны, создана лаборатория по определению качества зерна. Испытанию подлежали сорта 22 сельскохозяйственных культур.

В Тюменской области в настоящее время действуют 8 государственных сортоучастков, из них 6 осуществляют испытание зерновых, зернобобовых, кормовых и масличных культур, и располагаются в четырёх агроэкологических зонах: таёжная, подтаёжная (Нижне-Тавдинский ГСУ, с. Киндер; Аромашевский ГСУ, р.п. Аромашево), северная лесостепная (Ялуторовский ГСУ, с. Зиново; Омутинский ГСУ, д. Кашевская; Ишимский ГСУ, с. Мизоново), южная лесостепная (Бердюжский ГСУ, с. Полозаозерье). Открытие этих сортоучастков состоялось в 1937-1938 гг. Тюменский плодово-ягодный ГСУ и Тюменский овощной ГСУ (ча-

стично орошаемый) действуют с 1966 и 1968 гг. соответственно (Размещение и специализация..., 2014).

На опытных полях ГСУ Тюменской области в 2015 году в конкурсном испытании был 41 сорт ячменя, в 2016 и 2017 годах – по 23 сорта. (Сортовое районирование..., 2015, 2016, 2017).

На основе проведённого нами анализа, обобщения и статистической обработки данных по урожайности сортов, изученных на шести ГСУ Тюменской области в 2015-2017 гг., выявлены существенные различия по зерновой продуктивности ячменя, что даёт представление о подверженности почвенно-климатических условий сельскохозяйственной части области пространственной вариабельности.

По результатам испытания сортов в опытах ГСУ, расположенных в четырёх агроклиматических зонах области, наибольшая урожайность зерна сортов ячменя в среднем за 2015-2017 гг. получена в подтаёжной зоне при максимуме показателя в посевах конкурсного сортоиспытания Нижнетавдинского ГСУ (53,1 ц/га) (табл. 32).

Таблица 32 - Урожайность ячменя на государственных сортоиспытательных участках Тюменской области (среднее за 2015-2017 гг.)

Год	Государственные сортоиспытательные участки					
	Нижнетавдинский	Аромашевский	Ялуторовский	Омутинский	Ишимский	Бердюжский
Урожайность, ц/га						
2015	56,4±0,96	54,0±0,91	34,1±0,63	17,7±0,40	37,7±0,39	21,1±0,27
2016	54,6±1,01	35,6±1,10	26,1±0,74	32,4±1,74	34,5±1,36	23,9±0,84
2017	48,3±1,74	30,6±0,59	38,0±0,91	39,2±0,98	45,1±1,22	20,3±0,67
X <sub>ср.</sub>	53,1±2,45	40,1±7,11	32,7±3,50	29,8±6,34	39,1±3,13	21,8±1,09
Масса 1000 зёрен, г						
2015	53,1±0,59	49,6±0,75	52,5±0,57	48,8±0,60	52,6±0,61	46,9±0,50
2016	48,9±1,11	47,1±0,60	49,4±1,06	50,7±1,05	42,5±0,78	43,1±0,96
2017	43,2±0,92	46,5±0,69	49,2±0,92	51,1±0,94	50,7±1,34	45,6±0,72
X <sub>ср.</sub>	48,4±2,86	47,7±0,94	50,4±1,06	50,2±0,70	48,6±3,09	45,2±1,11

Минимальная урожайность (21,8-29,8 ц/га) зарегистрирована на Бердюжском и Омутинском сортоучастках, находящихся в южной лесостепной и северной лесостепной зонах. Продуктивность сортов на Ялуторовском и Ишимском ГСУ составила 32,7-39,1 ц/га, что соответствует промежуточному положению относительно других сортоучастков.

Показатель массы 1000 зёрен варьировал в пределах от 45,2 г (Бердюжский ГСУ, южная лесостепь) до 50,4 г (Ялуторовский ГСУ, северная лесостепь). Снижение показателя под влиянием факторов окружающей среды наблюдалось на трех ГСУ (Нижнетавдинский, Аромашевский, Ялуторовский) в 2017 году, на двух ГСУ (Ишимский, Бердюжский) – 2016 году и на одном ГСУ (Омутинский) – 2015 году.

Условия вегетационного периода для формирования урожая наиболее благоприятно складывались в посевах Нижнетавдинского и Аромашевского ГСУ в 2015 году; Бердюжского – 2016 году, Ялуторовского, Омутинского и Ишимского – 2017 году. Более высокая урожайность, полученная в подтаёжной зоне, может быть обусловлена достаточной влагообеспеченностью северных таёжных районов, в то время как южные части области характеризуются неустойчивым увлажнением (Схема размещения, использования..., 2013; Новохатин, 2015).

В 2015 и 2016 годах нами были отобраны семена сортов ячменя, проходивших конкурсное поленое испытание на шести государственных сортоучастках Тюменской области. Отбор проводился в октябре из убранного урожая, хранение семян до посева осуществляли в мешочках из хлопчатобумажной ткани в лаборатории.

Сравнительное изучение сортов из разных агроэкологических условий проведено на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» в 2016 и 2017 гг. Полевые опыты выполнены без применения удобрений и химических средств защиты семян и растений от болезней, вредителей, сорняков. Предшествующая культура в оба года исследования яровая пшеница.

К числу основных информативных признаков, определяющих посевные качества семенного материала в естественных условиях, а также характеризующих

способность сортов приспосабливаться к факторам среды, относим полевую всхожесть семян и выживаемость растений.

Прорастание семян и формирование всходов в 2016 году проходили при пониженной среднесуточной температуре воздуха (на 0,9°С ниже нормы), и недостатке осадков (13% к норме). На жестком провокационном фоне семена сортов со всех ГСУ характеризовались пониженной способностью к прорастанию. Максимальные показатели имели семена с Нижнетавдинского (59,7%) и Ялуторовского (58,8%) сортоучастков, расположенных в подтаёжной и северной лесостепной зонах соответственно. Самая низкая всхожесть отмечена у семян с Бердюжского ГСУ (36,2%) – южная лесостепная зона (табл. 33).

Таблица 33 - Влияние агроэкологических факторов на биологические свойства семян и выживаемость растений в условиях вегетационного периода 2016 г.

Государственные сорто-участки	Всхожесть семян, %			Выживаемость растений, %		
	$X_{cp.} \pm S_x$	CV, %	min-max	$X_{cp.} \pm S_x$	CV, %	min-max
Нижнетавдинский	59,7±3,28	13,46	49,8-74,3	86,5±4,30	12,19	66,9-95,8
Аромашевский	39,0±3,50	22,01	24,3-46,7	92,1±1,71	4,55	85,9-97,5
Ялуторовский	58,8±6,20	25,86	35,6-77,8	84,6±3,38	9,81	69,4-91,9
Омутинский	41,9±5,99	31,95	18,6-51,3	94,1±0,91	2,17	91,1-95,8
Ишимский	48,0±1,16	5,92	45,6-53,3	84,3±3,45	10,04	73,9-95,2
Бердюжский	36,2±4,34	26,88	20,3-45,4	88,1±6,90	17,52	62,8-100

Примечание: CV<10% - изменчивость слабая, 11-25% - средняя, >25% - сильная (Лакин, 1990).

Наибольшей выживаемостью характеризовались растения, семена которых были получены из Омутинского ГСУ (северная лесостепь) и Аромашевского ГСУ (подтаёжная зона). Признак полевой всхожести семян характеризовался большей изменчивостью (CV=5,92-26,88%) по сравнению с выживаемостью растений в течение вегетационного периода (CV=2,17-17,52%).

Во второй год исследования (2017), как и в предыдущий (2016) более дружные всходы обеспечили семена сортов Нижнетавдинского ГСУ (подтаежная зона).



Отмечена слабая степень изменчивости признака ( $CV=10,37\%$ ), что подтверждает равномерное появление всходов. Растения, полученные из семян данного ГСУ, проявили высокую толерантность к факторам окружающей среды и имели самый высокий показатель выживаемости ( $93,4\%$ ) при минимальном варьировании признака ( $CV=7,12\%$ ).

Полевая всхожесть семян, выращенных в питомнике конкурсного сортоиспытания Ялуторовского ГСУ (северная лесостепная зона), не превышала –  $55,2\%$ , выживаемость  $83,6\%$ , вариабельность обоих признаков высокая (табл. 34).

Таблица 34 - Влияние агроэкологических факторов на биологические свойства семян и выживаемость растений в условиях вегетационного периода 2017 г.

Государственные сорто-участки	Всхожесть семян, %			Выживаемость растений, %		
	$X_{cp.} \pm S_x$	CV, %	min-max	$X_{cp.} \pm S_x$	CV, %	min-max
Нижнетавдинский	$75,5 \pm 3,50$	10,37	67,2-86,3	$93,4 \pm 2,97$	7,12	81,9-99,0
Аромашевский	$75,3 \pm 5,33$	17,35	54,2-86,8	$88,4 \pm 6,13$	15,50	64,5-98,8
Ялуторовский	$55,2 \pm 6,79$	30,16	36,5-74,0	$83,6 \pm 7,04$	20,63	49,5-95,6
Омутинский	$65,7 \pm 6,53$	19,88	46,8-75,5	$84,7 \pm 9,16$	21,63	58,5-98,5
Ишимский	$62,3 \pm 8,51$	30,56	32,8-82,5	$82,1 \pm 7,29$	19,87	57,8-99,0
Бердюжский	$69,5 \pm 3,95$	13,92	56,0-79,3	$76,2 \pm 5,14$	16,55	55,7-93,2

Примечание:  $CV < 10\%$  - изменчивость слабая, 11-25% - средняя,  $> 25\%$  - сильная (Лакин, 1990).

При исследовании репродукций (2015, 2016 гг.) сортов ячменя шести сортоучастков, на растениях наблюдалось поражение пыльной головнёй – *Ustilago nuda* Kell. Et Swing. Syn.: *Ustilago segetum* (Pers.) Roussel var. *hordei* Rostr. et Jens. f. *nuda* Jens.

По сведениям С.М. Волкова (1955), Н.П. Бехтольда, Е.А. Орловой (2017) данная болезнь имеет широкий ареал распространения, но наиболее значительна и вредоносна в Западно-Сибирском регионе. Отличительной чертой заболевания является поражение чёрной споровой массой всех элементов колоса (за исключением колосового стержня и в ряде случаев остей), следствием чего является снижение качества и количества получаемого зерна (Орлова, Теличкина, 2011). Распецифическая устойчивость к пыльной головне детерминируется доминант-

ными генами *Run 1-15*, и одним рецессивным геном *run 7* (Легкун, 2015). Для Западной Сибири эффективными генами устойчивости к *U. nuda* относят *Un6*, *Un8* и *Un14*, среди которых *Un14* несёт полную невосприимчивость к возбудителю (Орлова, Теличкина, 2011). Для оценки состояния больных растений использовали показатель распространённости болезни (частота встречаемости), рассчитываемый по формуле:  $P=n*100/N$ , где P – распространённость болезни, %; N – общее количество учтённых стеблей, n – количество больных стеблей.

В 2016 году при выращивании ячменя на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» поражению пыльной головней в большей степени были подвержены сорта, семена которых поступили с Ишимского ГСУ (северная лесостепная зона) и Нижнетавдинского ГСУ (подтаежная зона) (P=12,87 и 7,85% соответственно) (рис. 30).

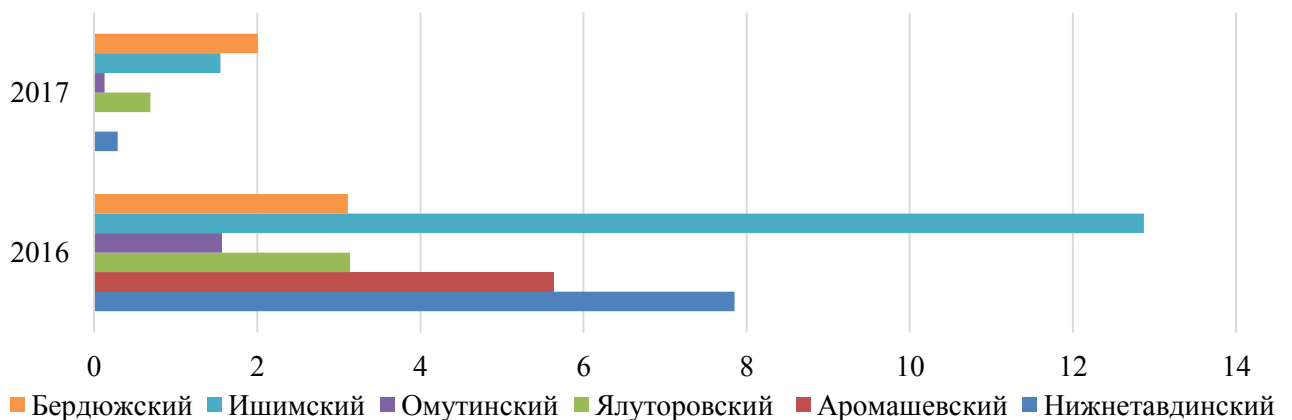


Рисунок 30 - Распространённость пыльной головни (%) на сортах ячменя (2016, 2017 гг.) при посеве семенами, полученными с ГСУ Тюменской области из урожая 2015 и 2016 гг.

Менее восприимчивыми к воздействию фитопатогена оказались сорта с Омутинского ГСУ (1,57% пораженных колосьев). Существенные различия по устойчивости к пыльной головне сортов с Ишимского и Омутинского ГСУ, расположенных в одной агроэкологической зоне, могут быть связаны с удаленностью сортоучастков друг от друга (на ~ 95,0 км), среднесуточной температурой воздуха, количеством осадков, плодородием почвы.

Среди сортов наибольшей восприимчивостью к заболеванию характеризовался Татум (пивоваренный ячмень, немецкой селекции, оригинатор

Nordsaat Saazucht GmbH). При посеве семян этого сорта с шести ГСУ, в пяти случаях отмечалось поражение пыльной головней ( $P=1,57-6,11\%$ ), кроме Бердюжского ГСУ, где признаков заболевания не обнаружено. У других сортов процент поражения варьировал от 0,3 (Саломе) до 13,3 (Сольдо). У сорта Абалак признаков поражения не отмечено (табл. 35).

Таблица 35 - Восприимчивость сортов ячменя, выращенных из семян различных агроэкологических зон Тюменской области, к пыльной головне, 2016 г.

ГСУ, агроэкологическая зона	Сорт	Число колосьев, шт.		Распространённость, %	
		всего	пораженных		
Нижнетавдинский, подтаёжная	Бейсик	495	4	0,81	7,85
	Лаурика	432	6	1,39	
	Саломе	323	1	0,31	
	Сольдо	239	0	0,0	
	Татум	384	16	4,17	
	Фабиола	597	7	1,17	
Ялуторовский, северная лесостепная	Бейсик	632	0	0,0	3,14
	Помпе	428	0	0,0	
	Саломе	384	0	0,0	
	Сольдо	361	3	0,83	
	Татум	216	5	2,31	
	Чероки	155	0	0,0	
Ишимский, северная лесостепная	Абалак	331	0	0,0	12,87
	Бейсик	203	0	0,0	
	Помпе	317	3	0,95	
	Сольдо	241	14	5,81	
	Татум	229	14	6,11	
	Чероки	287	0	0,0	
Аромашевский, северная лесостепная	Абалак	453	0	0	5,64
	Бейсик	224	0	0	
	Помпе	383	4	1,04	
	Саломе	219	0	0,0	
	Татум	239	11	4,60	
	Чероки	239	0	0	
Омутинский, северная лесостепная	Абалак	430	0	0	1,57
	Атико	312	0	0	
	Бейсик	286	0	0	
	Татум	254	4	1,57	
	Чероки	257	0	0	
Бердюжский, южная лесостепная	Бейсик	191	0	0	3,11
	Помпе	245	0	0	
	Саломе	249	0	0	
	Татум	91	0	0	
	Чероки	193	6	3,11	

Значительно ниже поражение головней наблюдалась в 2017 году. Наибольшая распространённость отмечена у сортов репродукций Бердюжского (2,0%) и Ишимского ГСУ (1,6%), наибольшее число поражённых колосьев отмечено у Помпе (см. рис. 30; табл. 36). На растениях, других сортоучастков распространённость не превышала 0,7% (Ялуторовский ГСУ).

Таблица 36 - Восприимчивость сортов ячменя, выращенных из семян различных агроэкологических зон Тюменской области, к пыльной головне, 2017 г.

ГСУ, агроэкологическая зона	Сорт	Число колосьев, шт.		Распространённость, %	
		всего	пораженных		
Нижнетавдинский, подтаёжная	Ача	827	0	0,00	0,29
	Абалак	699	2	0,29	
	Лаурика	757	0	0,00	
	Ворсинский 2	707	0	0,00	
	Челябинский 99	637	0	0,00	
Ялуторовский, северная лесостепная	Ача	853	0	0,00	0,69
	Абалак	626	0	0,00	
	Помпе	608	1	0,16	
	Чероки	545	0	0,00	
	Ворсинский 2	715	0	0,00	
	Челябинский 99	757	4	0,53	
Ишимский, северная лесостепная	Ача	517	1	0,19	1,55
	Абалак	664	0	0,00	
	Помпе	515	7	1,36	
	Чероки	501	0	0,00	
	Ворсинский 2	707	0	0,00	
	Челябинский 99	653	0	0,00	
Аромашевский, северная лесостепная	Ача	809	0	0,00	0,0
	Абалак	594	0	0,00	
	Чероки	418	0	0,00	
	Ворсинский 2	555	0	0,00	
	Челябинский 99	374	0	0,00	
Омутинский, северная лесостепная	Ача	826	0	0,00	0,13
	Чероки	523	0	0,00	
	Ворсинский 2	741	1	0,13	
	Челябинский 99	672	0	0,00	
Бердюжский, южная лесостепная	Ача	566	0	0,00	2,01
	Абалак	590	0	0,00	
	Чероки	482	0	0,00	
	Помпе	632	11	1,74	
	Ворсинский 2	696	0	0,00	
	Челябинский 99	741	2	0,27	

На протяжении двух лет исследования сохраняли устойчивость к пыльной головне сорта с Омутинского ГСУ, у которых по сравнению с другими ГСУ по-

ражение растений было минимальным (1,57%) в 2016 году и отсутствовало в 2017 году. Высокую восприимчивость к заболеванию за исследуемый период показали сорта с Ишимского ГСУ. Среди сортов высокую и стабильную за два года устойчивость показал сорт Чероки. Полученные данные позволяют предположить, что при агроэкологическом размещении сортов ячменя, организации семеноводства на сельскохозяйственной территории Тюменской области следует учитывать наряду с продуктивными свойствами, устойчивость растений к поражению таким опасным заболеванием как пыльная головня.

В жаркий и засушливый вегетационный период 2016 года в среднем по сортам высокие значения урожайности получены у репродукций Ялуторовского (177,0 г/м<sup>2</sup>) и Нижнетавдинского (168,4 г/м<sup>2</sup>) ГСУ, низкая урожайность зарегистрирована у сортов, семена которых были получены с Ишимского (98,6 г/м<sup>2</sup>) и Бердюжского (98,6 г/м<sup>2</sup>) ГСУ (табл. 37).

Таблица 37 - Урожайные свойства сортов ячменя, выращенных из семян различных агроэкологических зон Тюменской области, 2016 г.

ГСУ	Урожайность, г/м <sup>2</sup>	min-max	CV,%	Масса 1000 зёрен, г	
				X <sub>ср.</sub> ±S <sub>x.</sub>	CV,%
Нижнетавдинский	168,4±42,85	67,7-369,3	62,34	31,9±1,38	10,64
Аромашевский	106,0±21,98	72,0-206,4	50,79	31,3±0,99	7,75
Ялуторовский	177,0±53,72	67,3-402,8	74,34	34,9±1,73	12,18
Омутинский	147,7±14,28	122,5-197,0	21,63	37,3±0,66	3,96
Ишимский	98,6±13,42	80,3-165,5	33,33	32,6±1,77	13,32
Бердюжский	98,6±10,95	60,4-127,4	24,84	40,0±1,50	8,39

Примечание: CV<10% - изменчивость слабая, 11-25% - средняя, >25% - сильная (Лакин, 1990).

Выявлены существенные различия по продуктивности между изученными сортами. Максимальную урожайность продемонстрировал сорт Бейсик – 402,8 г/м<sup>2</sup> (репродукция семян Ялуторовского ГСУ, северная лесостепная зона). Реакция изучаемых сортов существенно различалась, о чём свидетельствуют средний и высокий коэффициент вариации на всех сортоучастках (CV=21,63-74,34%).

Масса 1000 зёрен характеризовалась слабой (CV=3,96-8,39%) и средней (CV=10,64-13,32%) степенью изменчивости. При этом крупные, выполненные

зерновки, массой 40,0 г формировали растения из семян, выращенных в южной лесостепной зоне.

В 2017 году в среднем по сортам высокой урожайностью характеризовались репродукции с подтаёжной и северной лесостепной зон (365,3-385,7 г/м<sup>2</sup>) (табл. 38). Максимальное значение была зарегистрировано у сорта Ача (428,5 г/м<sup>2</sup>) с Ялуторовского ГСУ (северная лесостепь). Низкая урожайность была отмечена у репродукций сортов с Аромашевского ГСУ. Масса 1000 зёрен изменялась в пределе от 40,8 г (Аромашевский ГСУ, подтаёжная зона) до 43,0 г (Омутинский ГСУ, северная лесостепь). Данный признак характеризовался слабой степенью изменчивости (CV=1,84-8,88%).

Таблица 38 - Урожайные свойства сортов ячменя, выращенных из семян различных агроэкологических зон Тюменской области, 2017 г.

ГСУ	Урожайность, г/м <sup>2</sup>	min-max	CV,%	Масса 1000 зерен, г	
				X <sub>ср.</sub> ±S <sub>x.</sub>	CV,%
Нижнетавдинский	365,3±20,87	292,5-417,9	12,77	41,9±0,95	5,11
Аромашевский	270,9±51,72	128,7-424,9	42,69	40,8±1,61	8,88
Ялуторовский	381,7±14,68	332,6-428,5	9,42	41,5±1,27	7,53
Омутинский	385,7±27,99	303,8-422,2	14,51	43,0±0,39	1,84
Ишимский	340,1±20,78	262,4-403,9	14,97	41,8±0,89	5,23
Бердюжский	302,1±22,39	229,9-373,9	18,15	42,0±1,05	6,15

Примечание: CV<10% - изменчивость слабая, 11-25% - средняя, >25% - сильная (Лакин, 1990).

Варьирование урожайности у сортов, семена которых собраны с различных агроэкологических зон, в разные по тепло- и влагообеспеченности вегетационные периоды (2016-2017 гг.), зависело от условий формирования семян, генотипических особенностей сорта, а также метеорологических факторов в период роста и развития растений. Наиболее выражена тенденция к снижению всхожести семян и урожайности ячменя полученных с южной лесостепной зоны.

Сравнительная оценка сортов ячменя, полученных из 6 ГСУ, на экспериментальном участке биостанции ТюмГУ «Озеро Кучак» выявила преимущество семян репродукций 2015 и 2016 гг. Нижнетавдинского и Ялуторовского ГСУ по показателям полевой всхожести, выживаемости растений в период вегетации, урожайности и массе 1000 зёрен. При внедрении новых сортов, необходима все-

сторонняя оценка условий предполагаемого конкретного места произрастания сельскохозяйственных культур, анализ воздействующих на рост и развитие растений факторов среды, определяющих урожайность отдельных культур. Снижение лимитирующего воздействия данных факторов, возможно за счёт рационального размещения культур, с учётом специфики их реакций на режим тепло- и влагообеспеченности (Мухамадьяров и др., 2013).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании комплексного изучения 146 образцов ячменя из мировой коллекции ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР) для условий Северного Зауралья выделен исходный материал для селекции по следующим признакам:

- полевая всхожесть семян – к-30711; к-30666 (Перу); к-14965; к-14950 (Таджикистан); к-16026 (Казахстан); к-23493 (США); к-25783; к-24857; к-24820; к-25788 (Германия); к-22942; к-22934; к-23454 (Эфиопия); к-21967 (Франция); к-24799 (Нидерланды); к-33813; к-22816 (Венгрия);

- устойчивость к полеганию – к-30663; к-30624; к-30711 (Перу); к-14965 (Таджикистан); к-28119; к-30820; к-30448; к-30449; к-30453 (Россия); к-10986 (Япония); к-30367 (Сирия); к-30370 (Ирак); к-22733; к-24678 (США); к-22728; к-25752; к-25170; к-23339 (Германия); к-23052; к-22308; к-22961; к-23450; к-23454; к-25008; к-22955 (Эфиопия); к-24913; к-22226; к-24860; к-24013 (Чехословакия); к-23891; к-23978; к-23491 (Франция); к-24740 (Украина); к-22176; к-25478; к-25977 (Польша); к-22315 (Нидерланды);

- устойчивость к тёмно-бурой пятнистости – к-30666; к-30656 (Перу); к-001 (Казахстан); к-30367 (Сирия); к-22050 (Украина);

- количество продуктивных стеблей – к-30666 (Перу); к-738 (Казахстан); к-25478; к-22176; к-25977 (Польша); к-22809 (Венгрия);

- масса 1000 зёрен – к-25752 (Германия); к-20024; к-26620; к-22961 (Эфиопия); к-25977 (Польша); к-22807 (Венгрия);

- зерновая продуктивность – к-30711 (Перу); к-23504; к-24799 (Нидерланды); к-24820; к-22728 (Германия); к-22176; к-25977 (Польша); к-23683; к-24741 (Украина); к-22809 (Венгрия); к-22942; к-26620; к-22199 (Чехословакия).

2. Выявлены различия по силе влияния отдельных факторов на проявление признаков в общей фенотипической изменчивости. Максимальное действие фактора «генотип» обнаружено на признак массы 1000 зёрен (68,1%), фактора «среда» – на высоту растений (51,6%) и массу зерна с растения (41,6%), взаимодействия факторов «генотип x среда» – на полевую всхожесть семян (41,6%). По



вклада в формирование урожайности ячменя, изученные факторы существенно не различались («генотип» – 34,1%, «среда» – 31,9%, «генотип x среда» – 33,7%).

3. На основании корреляционного анализа установлено, что зерновая продуктивность ячменя в большей степени определяется следующими признаками: полевой всхожестью семян ( $r=0,24-0,48$ ), количеством продуктивных стеблей на единице площади ( $r=0,61-0,78$ ), массой зерна с растения ( $r=0,52-0,90$ ), массой 1000 зёрен ( $r=0,29-0,57$ ).

4. Анализ полевой всхожести семян и выживаемости растений ячменя поколения  $M_1$  позволил определить концентрации фосфемиды 0,002% и 0,01% как оптимальные для роста и развития растений образца С.И. 10995 (к-30630). Концентрация 0,01% отнесена к полулетальной для образцов Dz02-129 (к-22934) и Зерноградский 813 (к-30453), так как всхожесть семян при ее использовании была ниже 50%.

5. Эффект стимуляции зафиксирован по высоте растений в вариантах обработки семян фосфемидом в концентрациях 0,002% и 0,01% у сорта Зерноградский 813 в поколениях  $M_1$  и  $M_2$ . Применение мутагена способствовало повышению устойчивости растений к полеганию в  $M_1$  (С.И. 10995, 6,0 баллов) и  $M_2$  (Dz02-129, 6,2 баллов).

6. Структурный анализ элементов продуктивности растений ячменя в поколении  $M_1$  позволил установить, что наибольшую чувствительность к воздействию мутагенного фактора по массе зерна с колоса и растения проявил Зерноградский 813 (к-30453) при двух концентрациях и Dz02-129 (к-22934) в варианте с концентрацией (0,002%). Эффект стимуляции отмечен по массе 1000 зёрен у Dz02-129 (к-22934) и С.И. 10995 (к-30630) (концентрация 0,01%).

7. Мутантные популяции ячменя различаются по частоте и спектру мутаций. Максимальное число мутантных растений, выявленных в  $M_2$  (48,9%), подтвержденных (59,6%) и обнаруженных с новыми признаками в  $M_3$  (60,8%), зарегистрировано у образца С.И. 10995 (к-30630). Низкой мутабельностью характеризовался Зерноградский 813 (к-30453). Суммарно по образцам больший выход из-

мененных форм получен в вариантах с более высокой концентрацией мутагена 0,01%.

8. На основании анализа данных (2015-2017 гг.) государственных сортоиспытательных участков (ГСУ) установлено, что уровень урожайности зерна ячменя на юге Тюменской области зависит от агроэкологических условий. Высокие показатели урожайности получены в подтаёжной зоне (40,1-53,1 ц/га), средние – северной лесостепной зоне (32,7-39,1 ц/га), низкие – южной лесостепной и северной лесостепной зонах (21,8-29,8 ц/га).

9. Сравнительная оценка 13 сортов ячменя на экспериментальном участке биостанции ТюмГУ «Озеро Кучак» выявила преимущество семян репродукций 2015, 2016 гг. Нижнетавдинского и Ялуторовского ГСУ по показателям полевой всхожести семян, выживаемости растений в период вегетации, урожайности и массе 1000 зёрен. Сорты с Омутинского ГСУ характеризовались устойчивостью к пыльной головне в 2016-2017 гг. (поражение 1,57-0%).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для селекционной работы предлагается использовать коллекционные образцы ячменя с комплексом адаптивных и продуктивных свойств: С.І. 11071, к-30711, Перу; Mansholts Fletument D, к-24799, Нидерланды; Ботаническая форма, к-24820, Galina, к-22728, Германия; Cosmos 34, к-25977, L-2048/63/2Lageiewnik, к-22176, Польша; Харьковский 70, к-23683, Украина; Knezsa 65, к-22809, Венгрия; M-702/70, к-22199, Чехословакия.

Рекомендуется использовать для увеличения генетического разнообразия химический мутаген фосфемид (обработка семян в 0,002 и 0,01% водных растворах, экспозиция 3 часа). Созданные мутантные формы предлагаются для включения в селекционно-генетические программы.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агроклиматические ресурсы Тюменской области (Южная Часть) / А.С. Андреева. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – 151 с.
2. Алабушев, А.В. Производство зерна в России / А.В. Алабушев, А.С. Раева. – Ростов: ЗАО «Книга», 2013. – 144 с.
3. Алексанян, С.М. Стратегия взаимодействия генбанков мира в условиях глобализации / С.М. Алексанян // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2007. – Т. 164. – С. 11-33.
4. Аникеев, В.В. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков / В.В. Аникеев, Ф.Ф. Кутузов // Физиология растений. – 1961. – Т. 8, №3. – С. 375-377.
5. Аниськов, Н.И. Характер наследования и системы генетического контроля продуктивной кустистости в диаллельных скрещиваниях голозёрных и пленчатых разновидностей ячменя / Н.И. Аниськов, Д.В. Гарис // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – №2 (40). – С. 26-30.
6. Астапчук, И.Л. Возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя: биология, этиология, вирулентность, устойчивость растения - хозяина (краткий обзор) / И.Л. Астапчук // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №127. – С. 604-627.
7. Афанасенко, О.С. Современное состояние исследований генетики устойчивости ячменя к болезням / О.С. Афанасенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2013. – Т. 171. – С. 3-8.
8. Афанасенко, О.С. Картирование локусов, контролирующих устойчивость ячменя к различным изолятам *Pyrenophora teres f. teres* и *Cochliobolus sativus* / О.С. Афанасенко, А.В. Козьяков, П. Хедлэй, Н.М. Лашина, А.В. Анисимова, О. Маннинен, М. Ялли, Е.К. Потокина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, №4-1. – С. 751-764.
9. Бабушкина, Т.Д. Особенности влияния продолжительности вегетационного периода районированных сортов яровых зерновых культур на посевные и

урожайные свойства семян / Т.Д. Бабушкина, Л.В. Марченко // Селекция и семеноводство в Северном Зауралье. – 1992. – С. 4-14.

10. Баташаева, Б.А. Характер наследования высоты растений ячменя культурного / Б.А. Баташаева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – №6. – С. 41-43.

11. Беккер, Х. Селекция растений / Х. Беккер; пер. В.И. Леунов; ред.: В.И. Леунов, Г.Ф. Монахос. – М: Товарищество научных изданий КМК, – 2015. – 425 с.

12. Белкина, Р.И. Качество зерна сортообразцов плёнчатого и голозёрного ячменя в условиях Северного Зауралья / Р.И. Белкина, М.В. Губанов, А.А. Грязнов, В.М. Губанова // Агропродовольственная политика России. – 2015. – №10 (46). – С. 22-25.

13. Белкина, Р.И. Урожайность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя на разных фонах минеральных удобрений / Р.И. Белкина, А.Ю. Першаков, В.К. Яковлев // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №12 (72). – С. 75-78.

14. Беляев, Н.Н. Экологическое сортоизучение ярового ячменя в условиях Тамбовской области / Н.Н. Беляев, Е.А. Дубинкина, В.В. Корякин // Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 19, №. 1. – С.189-191.

15. Беляков, И.И. Технология выращивания ячменя / И.И. Беляков. – М: Агропромиздат, 1985. – 119 с.

16. Берзин, А.М. Серые хлеба / А.М. Берзин, Н.А. Сурин. – Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1972. – 180 с.

17. Бехтольд, Н.П. Устойчивость Сибирский сортов ярового ячменя к болезням / Н.П. Бехтольд, Е.А. Орлова // Современные разработки молодых учёных для АПК Западной Сибири. – 2017. – С. 19-25.

18. Бешкильцева, Т.А. Оценка качества семян, формирование проростков и урожайности зерновых культур при различной плотности почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Бешкильцева Татьяна Александровна. – Курган, 2009. – 20 с.

19. Боме, Н.А. Ботаническое описание и систематика зерновых культур: учебное пособие / Н.А. Боме, Ю.П. Логинов. – Тюмень: изд-во ТГУ, 2002. – 80 с.
20. Боме, А.Я. Особенности развития яровой пшеницы в различных экологических условиях: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Боме Александр Янович. – Тюмень, 2003. – 16 с.
21. Боме, А.Я. Исследование генофонда *Triticum aestivum* L. по реакции растений на пониженные температуры / А.Я. Боме, Н.А. Боме // Естественные и технические науки. – 2012. – № 1 (57). – С. 117–121.
22. Боме, Н.А. Мутационная изменчивость некоторых видов растений и репарационный эффект пара-аминобензойной кислоты / Н.А. Боме, А.Я. Боме // В сб.: Индукований мутагенез в селекції рослин. Біла Церква. – 2012. – С. 53-60.
23. Боме, Н.А. Внутривидовое разнообразие ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) по устойчивости к хлоридному засолению / Н.А. Боме // Агробіологія. – 2014. – №2 (113). – С. 16-23.
24. Боме, Н.А. Полевая всхожесть семян и выживаемость растений ячменя как показатели адаптации к меняющимся условиям среды / Н.А. Боме, А.Я. Боме, Н.В. Тетянников // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 4 (134). – С. 15-18.
25. Боме, Н.А. Реакция различных видов растений  $M_1$  на воздействие химического мутагена фосфемиды / Н.А. Боме, Л.И. Вайсфельд, К.П. Королёв, Н.В. Тетянников, А.Я. Боме // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1, №9. – С. 121-125.
26. Борисова, Л.М. Современные аспекты производства пивоваренного ячменя в России / Л.М. Борисова, Е.С. Белокурова // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – № 2 (2). – С. 59-65.
27. Бурлака, В.В. Система земледелия Северного Зауралья / В.В. Бурлака // Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в Северном Зауралье. – 1974. – №9. – С. 3-28.
28. Быкова, И.В. Выявление локусов, контролирующей устойчивость ярового ячменя к тёмно-бурой пятнистости, на основе ассоциативного картирова-

ния / И.В. Быкова, Н.М. Лашина, В.М. Ефимов, О.С. Афанасенко, Е.К. Хлесткина // Генофонд и селекция растений: мат.-лы конф. – 2018. – С. 58-61.

29. Вавилов, Н.И. Селекция как наука / Н.И. Вавилов. – М. – Л: Сельхозгиз, 1934. – 152 с.

30. Вавилов, Н.И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н.И. Вавилов; под ред. О.В. Лапшиной. – М: Колос, 1966. – 559 с.

31. Вавилов, Н.И. Происхождение и география культурных растений / Н.И. Вавилов. – Л: Наука, 1987. – 440 с.

32. Вавилов, П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др. – 2-е изд., перераб, и доп.– М: Колос, 1981. – 432 с.

33. Вайсфельд, Л.И. Цитогенетическое действие противоопухолевого препарата фосфемиды / Л.И. Вайсфельд // Фундаментальные науки и практика. – 2010. – Т. 1, №3. – С. 3-6.

34. Вайсфельд Л.И. Механизм действия химического мутагена фосфемиды / Л.И. Вайсфельд, Н.А. Боме, С.А. Бекузарова // Перспективы развития АПК в современных условиях. – 2016. – С. 36-39.

35. Васько, В.Т. Теоретические основы растениеводства / В.Т. Васько –2-е изд., перераб. и доп. Спб: ПРОФИ-Информ, 2004. – 197 с.

36. Ващенко, В.Ф. Адаптация устойчивости посева ячменя к полеганию при помощи гормона этилена / В.Ф. Ващенко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – №4. – С. 45-48.

37. Ващенко, В.Ф. О защите от полегания и урожайности у ячменя при использовании препарата гормонального действия / В.Ф. Ващенко, В.В. Нам // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – №6. – С. 119-122.

38. Водяников, В.Т. Современное состояние и тенденции мирового производства зерна / В.Т. Водяников, Азаби Ахмед Омар Юсеф, С.В. Боргуль // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2013. – №3. – С. 90-95.

39. Волков, С.М. Альбом вредителей и болезней сельскохозяйственных культур нечерноземной полосы европейской части СССР / С.М. Волков, Л.С. Зи-

мин, Д.К. Руденко. – М: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1955. – 488 с.

40. Володин, В.Г. Генетика мутантов ячменя / В.Г. Володин, Н.В. Колосенцева, З.И. Лисовская. – М.: Наука и техника, 1989. – 144 с.

41. Волощенко, В.С. Размещение и специализация государственных сортоиспытательных станций, государственных сортоиспытательных участков, лабораторий и филиалов (перечень) / В.С. Волощенко; под общей редакцией В.С. Волощенко. – Москва, 2014. – 55 с.

42. Выдрин, В.В. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2015 год / В.В. Выдрин, Т.К. Федорук. – Тюмень: Филиал ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений», 2015. – 91 с.

43. Выдрин, В.В. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2016 год / В.В. Выдрин, Т.К. Федорук. – Тюмень: Филиал ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений», 2016. – 89 с.

44. Выдрин, В.В. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2017 год / В.В. Выдрин, Т.К. Федорук. – Тюмень: Филиал ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений», 2017. – 97 с.

45. Герасимов, С.А. Формирование элементов структуры урожая ячменя при увеличении нормы высева в условиях Красноярской лесостепи / С.А. Герасимов, Н.Е. Ляхова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №1-2 (61). – С. 11-15.

46. Герасимов, С.А. Сравнение образцов ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Восточной Сибири / С.А. Герасимов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о земле. – 2017. – №2 (2). – С. 15-18.



47. Герасимов, С.А. Результаты испытания ярового ячменя коллекции ВИР в условиях Восточной Сибири / С.А. Герасимов // Инновационные тенденции развития Российской науки. – 2018. – С. 15-20.
48. Гешеле, Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э.Э. Гешеле. – М., 1978. – 205 с.
49. Голикова, Н.В. Белки в пивоварении. / Н.В. Голикова. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 168 с.
50. Голочаев, В.И. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / В.И. Голочаев, Е.В. Кириловская. – М: 1989. – 194 с.
51. Голубева, Н.И. Эффективность различных приёмов предпосевной обработки семян в повышении продуктивности полевых культур / Н.И. Голубева, О.В. Лукьянова, М.С. Пивоварова, А.А. Соколова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 3 (19). – С. 3-5.
52. Гончаров, Н.П. Центры происхождения культурных растений. / Н.П. Гончаров // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2007. – Т. 11, № 3-4. – С. 561-574.
53. Горшенин, К.П. Почвы южной части Сибири / К.П. Горшенин. – М: изд-во АН СССР, 1955. – 592 с.
54. ГОСТ-12042-80 – 2011 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2011 – С.116-118.
55. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений. Сорт Ача [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/sort/9401490>
56. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений. Сорт Абалак [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/sort/8954264>
57. Грингоф, И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии: Влияние изменений климата на экосистемы, агроферу и сельскохозяйственное производ-

ство / И. Г. Грингоф, В. Н. Павлова. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИМЦД», 2013. – 384 с.

58. Грязнов, А.А. Определитель внутривидовых таксонов ячменя культурного (посевного): учебно-наглядное пособие / А.А. Грязнов. – Костанай: Издательство Костанайский печатный двор, 2007. – 107 с.

59. Грязнов, А.А. Ячмень голозёрный в условиях неустойчивого увлажнения / А.А. Грязнов. – Куртамыш, 2014. – 300 с.

60. Грязнов, А.А. Особенности селекционной работы с голозёрным ячменем / А.А. Грязнов // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2017. – №2. – С. 103-109.

61. Гужов, Ю.Л. Селекция и семеноводство культурных растений / Ю.Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М: Мир, 2003. – 539 с.

62. Демина, Ю.С. Ячмень / Ю.С. Демина, Г.Ф. Никитенко. – М: Колос. 1973. – 255 с.

63. Демидов, О.А. Рівень прояву та кореляція врожайності, морфологічних ознак і елементів структури врожаю ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) / О.А. Демидов, В.М. Гудзенко, С.П. Васильківський, С.І. Мельник, С.Л. Українець // Plant varieties studying and protection. – 2017. – Т.1, №2. – С. 190-197.

64. Дзюбенко, Н.И. Деятельность генных банков в целях мониторинга и предотвращения наиболее опасных последствий генетической эрозии / Н.И. Дзюбенко, Е.К. Потокина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т. 166. – С. 381-388.

65. Дзюбенко, Н.И. Вавиловская стратегия пополнения, сохранения и рационального использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей / Н.И. Дзюбенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2012. – Т. 169. – С. 4-40.

66. Донцова, А.А. Безостый ячмень – новое направление в селекции / А.А. Донцова, Е.Г. Филиппов // Зерновое хозяйство России. – 2014. – №1. – С. 13-16.

67. Донцова, А.А. Изучение закономерностей наследования хозяйственно-ценных признаков гибридами F1 и F2 ярового ячменя в условиях Ростовской области / А.А. Донцова // Молодёжь и наука. – 2015. – №1. – С. 1-7.
68. Долгачева, В.С. Растениеводство. Учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.С. Долгачева. – М: Академия, 1999. – 368 с.
69. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – доп. и перераб. с 5-го изд., 1985 – М: Альянс, 2014. – 351 с.
70. Драгавцев, В.А. Николай Иванович Вавилов – один из великих учёных земли в области генетических ресурсов растений / В.А. Драгавцев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 82-95.
71. ЕМИСС, Государственная статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/>
72. Ерешко, А.С. Подбор исходного материала в селекции озимого ячменя на устойчивость к полеганию и болезням / А.С. Ерешко, В.Б. Хронюк, А.А. Сильченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. – Т.3, №31. – С. 21-25.
73. Ерошенко, Л.М. Исходный материал для селекции ярового ячменя интенсивного типа в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Ерошенко Любовь Михайловна. – Немчиновка, 1990. – 18 с.
74. Ерошенко, Л.М. Селекция ярового ячменя на урожайность и устойчивость к болезням в Центральном Нечерноземье / Л.М. Ерошенко, А.Н. Ерошенко, Н.А. Ерошенко, О.В. Гладышева, О.В. Левакова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – №6. – С. 29-32.
75. Ерошенко, Л.М. Селекционная оценка и изучение исходного материала для селекции ярового ячменя в Нечерноземной зоне РФ / Л.М. Ерошенко, О.В. Левакова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – №1 (21). – С. 30-36.
76. Ерошенко, Л.М. Продуктивность и качество пивоваренных сортов ярового ячменя в Центральном регионе РФ / Л.М. Ерошенко, А.Н. Ерошенко,

М.М. Ромахин, О.В. Гладышева, О.В. Левакова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №2. – С. 40-43.

77. Железнов, А.В. Изменчивость ячменя (*Hordeum vulgare* L.) разного географического происхождения по элементам структуры урожая / А.В. Железнов, Н.Б. Железнова, Т.В. Кукоева, Н.В. Бурмакина // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – №1. – С. 33-40.

78. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи / П.М. Жуковский. – изд. 3-е, перераб. и доп. Л: Колос, 1974. – 752 с.

79. Журина, Л.Л. Агроклиматология / Л.Л. Журина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: ИНФРА-М, 2015. – 350 с.

80. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиинца, 1988. – 767 с.

81. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А.А. Жученко. – М: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.

82. Захаров, В.Г. Сопряженность анатомо-морфологических признаков с устойчивостью к полеганию яровой мягкой пшеницы в условиях среднего Поволжья / В.Г. Захаров, В.В. Сюков, О.Д. Яковлева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, №3. – С. 506-510.

83. Заушинцена, А.В. Генетические источники для реализации основных направлений селекции ячменя в Сибири / А.В. Заушинцена // Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса: Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т. 165. – С. 101-104.

84. Звейнек, И.А. Некоторые особенности наследования высоты растения у короткостебельного сорта ячменя Golden Promise / И.А. Звейнек // Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса: Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб. – 2006. – Т. 162. – С. 21-28.

85. Зими́на, Т.К. Действие отбора в мутантных популяциях тритикале / Т.К. Зими́на // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. М: Наука. – 1984. – С. 113-116.

86. Зональная система земледелия Тюменской области / под ред. И.С. Хомякова. – Новосибирск, 1989. – 371 с.
87. Иваненко, А.С. Агроклиматические условия Тюменской области / А.С. Иваненко, О.А. Кулясова. – Тюмень: ТГСХА, 2008. – 206 с.
88. Иванов, И.И. Варьирование длины колоса у регенерантов ярового ячменя / И.И. Иванов // II Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика. – 2014. – С. 59-62.
89. Иеронова, В.В. Изучение потенциала исходного материала ячменя (*Hordeum L.*) по признакам скороспелости и устойчивости к полеганию в условиях северной лесостепи Тюменской области / В.В. Иеронова // Современные наукоёмкие технологии. – 2007. – № 2. – С. 63-64.
90. Иеронова, В.В. Сравнительная характеристика образцов ячменя по листовой поверхности / В.В. Иеронова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т.165. – С. 117-119.
91. Ижик, Н.К. Полевая всхожесть семян / Н.К. Ижик. – Киев: Урожай, 1976. – 200 с.
92. Ишкова, Т.И. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / Т.И. Ишкова и др. – СПб: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 2002. – 268 с.
93. Кадычegov, А.Н. Влияние климатических условий и генотипических различий на изменчивость урожайности и посевных качеств семян ярового ячменя в степной зоне Республики Хакасия / А.Н. Кадычegov, А.Н. Бородыня // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – №3 (77). – С. 13-17.
94. Каретин, Л.Н. Почвы Тюменской области / Л.Н. Каретин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 286 с.
95. Кобылянский, В.Д. Генетика культурных растений / В.Д. Кобылянский, Т.С. Фадеева. – Л: Агропромиздат, 1986. – 253 с.
96. Кобылянский, В.Д. Культурная флора СССР / В.Д. Кобылянский, М.В. Лукьянова. – Л: Агропромиздат, 1990. – 420 с.

97. Ковригина, Л.Н. Источники устойчивости ярового ячменя к полегаению / Л.Н. Ковригина, А.В. Заушинцева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – №1. – С. 57-62.
98. Коданев, И.М. Ячмень / И.М. Коданев. – М: Колос, 1964. – 239 с.
99. Козаченко, М.Р. Получение с помощью химического мутагенеза селекционно ценных форм ярового ячменя / М.Р. Козаченко // Химический мутагенез и задачи сельскохозяйственного производства. М: Наука. – 1993. – С. 49-54.
100. Колосков, П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П.И. Колосков; под.ред. Ф.Ф. Давитая. – Л: Гидрометеиздат, 1971. – 328 с.
101. Кондрашова, О.А. Закономерности формирования и прибавки урожайности ячменя в селекционном процессе в сухостепном Предуралье / О.А. Кондрашова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т.3, № 31-1. – С. 32-34.
102. Коновалов, Ю.Б. Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы и ячменя / Ю.Б. Коновалов. – М: Колос, 1981. – 176 с.
103. Коновалов, Ю.Б. Общая селекция растений / Ю.Б. Коновалов, В.В. Пыльнев, Т.И. Хупацария, В.С. Рубец. – СПб: Лань, 2013. – 480 с.
104. Константинов, А.Р. Методика учёта роли составляющих теплового и водного балансов в формировании агроклиматических ресурсов произрастания сельскохозяйственных культур и лесной растительности / А.Р. Константинов, Л.И.Сакали, Н.И. Астахова // Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – 1970. – С. 127-140.
105. Костылев, А.В. Возделывание ячменя в Западной Сибири / А.В. Костылев. – Новосибирск: Зап. Сиб. кн. изд-во, 1972. – 93 с.
106. Кротова, Л.А. Химические мутагены как фактор получения различных мутаций у яровой мягкой пшеницы / Л.А. Кротова // Вестник Алтайского государственного университета. – 2009. – №9. – С. 12-15.

107. Кротова, Л.А. Получение скороспелых форм яровой мягкой пшеницы с помощью химических мутагенов / Л.А. Кротова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №2 (64). – С. 28-31.
108. Кротова, Л.А. Химический мутагенез как метод создания исходного материала для селекции мягкой пшеницы / Л.А. Кротова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2015. – №2 (2). – С. 1-5.
109. Кузнецова, Т.Е. Индуцирование мутаций озимого ячменя под воздействием супермутагена НЭМ / Т.Е. Кузнецова, Н.В. Серкин, С.А. Левштанов, Н.А. Веретельникова, Т.В. Останина // 100 лет на службе АПК: традиции, достижения, инновации. – 2014. – С. 190-200.
110. Культурная флора СССР: Т.2, ч. 2. Ячмень / М.В. Лукьянова, А.Я. Трофимовская, Г.Н. Гудкова и др. – Л: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1990 – 421 с.
111. Кулясова, О.А. Плодородие тёмно-серых лесных почв под культурами сосны обыкновенной разного возраста в северной лесостепи Западной Сибири / О.А. Кулясова // АПК России. – 2017. – Т. 24, №5. – С. 1103-1110.
112. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М: Высшая школа, 1990. – 352 с.
113. Лаштабова, С.В. Применение азид натрия для химически индуцированного мутагенеза культурных растений / С.В. Лаштабова, В.Ю. Головина, Е.В. Михайлова, Б.Р. Кулуев // Биомика. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 48-54.
114. Левакова, О.В. Изучение исходного материала ярового ячменя в целях использования его в селекционном процессе для центрального региона РФ / О.В. Левакова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №2 (26). – С. 61-65.
115. Легкун, И.Б. Создание и оценка сортов ячменя озимого на групповую устойчивость к головнёвым заболеваниям / И.Б. Легкун // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, №2. – С. 41-46.
116. Лепехин, С.Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае / С.Б. Лепехин. – Барнаул: ФГБНУ Алтайский НИИСХ, 2015. – 149 с.

117. Летяго, Ю.А. Новая рецептура хлеба с добавлением ячменной муки из зерна пигментированного голозёрного ячменя Гранал 32 / Ю.А. Летяго, А.А. Грязнов, Р.И. Белкина // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – №1 (25). – С. 38-40.
118. Лихенко, И.Е. Результаты конкурсного сортоиспытания яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / И.Е. Лихенко, Г.М. Исупова, В.П. Шаманин // Селекция и семеноводство в Северном Зауралье, 1992. – С. 14-20.
119. Логинов, Ю.П. Сорта полевых культур, районированные в Тюменской области. учебн. пособие / Ю.П. Логинов, Г.В. Тоболова, А.А. Казак. – Тюмень: изд. Тюменской ГСХА, 2014. – 123 с.
120. Логинов, Ю.П. Стабильность формирования хозяйственных признаков у селекционных линий ячменя в северной лесостепи Тюменской области / Ю.П. Логинов, Н.А. Сурин, Л.И. Якубышина // Агропродовольственная политика России. – 2014. – №10 (34). – С. 41-45.
121. Лошаков, В.Г. Три заповеди Николая Ивановича Вавилова / В.Г. Лошаков, В.А. Лошакова. – М., – 2017. – 16 с.
122. Лоскутов, И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России / И.Г. Лоскутов. – СПб: ГНЦ РФ ВИР, 2009. – 293 с.
123. Лоскутов, И.Г. А.Я. Трофимовская и развитие работ отдела серых хлебов / И.Г. Лоскутов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т. 165. – С. 4-7.
124. Лукьянова, М.В. Развитие селекции и исходный материал в Северном Зауралье / М.В. Лукьянова, А.В. Заушинцена, Ю.П. Логинов // Научно-технический бюллетень ВИР (Генетика и селекция ржи и зернофуражных культур). – 1987. – №169. – С. 32-36.
125. Лыкова, Н. А. Влияние лимитирующих факторов среды на следующее поколение растений и принцип ускоренного испытания генотипов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. / Лыкова Наталья Алексеевна. – СПб., 2008. – 45 с.
126. Майсурян, Н.А. Практикум по растениеводству / Н.А. Майсурян. – 6-е изд., – М: Колос, 1970. – 446 с.



127. Машкевич, Н.И. Растениеводство / Н.И. Машкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа, 1974. – 455 с.
128. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. Ленинград, 1983. – 55 с.
129. Меледина, Т.В. Несоложенные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина, И.В. Матвеев, А.В. Федоров – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2017. – 66 с.
130. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса (издание четвертое, дополненное и переработанное) / Под ред. И.Г. Лоскутова. – ГНУ ВИР Россельхозакадемии, 2012. – 63 с.
131. Михайлов, Н.И. Сибирь / Н.И. Михайлов. – Москва: Государственное издательство географической литературы, 1951. – 288 с.
132. Моргун, В.В. Использование новых стереоизомеров нитрозоалкилмочевины в селекции озимой пшеницы / В.В. Моргун, А.М. Катеринчук, Т.В. Чугункова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – №15 (3/5). – С. 1666-1669.
133. Мухамадьяров, Ф.Ф. Особенности влияния почвенных условий в пределах агромикрорландшафтов на формирование урожайности сельскохозяйственных культур / Ф.Ф. Мухамадьяров, С.Л. Коробицын, Н.Е. Рубцова, В.П. Ашихмин, Ю.П. Савельев, В.Н. Вологжанин, Д.В. Кайсин // Аграрная наука Евро-Северороссии. – 2013. – №6 (37). – С. 4-8.
134. Назарова, Н.Н. Влияние влажности зерна при уборке на урожайность и посевные качества семян ячменя / Н.Н. Назарова, И.Н. Щенникова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №4. – С. 46-47.
135. Нейштадт, М.И. Определитель растений / М.И. Нейштадт. – 4-е изд. – М: УЧПЕДГИЗ, 1954. – 465 с.
136. Неттевич, Э.Д. Короткостебельность и селекция ячменя на устойчивость к полеганию / Э.Д. Неттевич, А.В. Сергеев // Селекция зерновых и зернобобовых культур для НЧЗ. – М., 1974. – №32. ч. 1. – С. 66-69.

137. Никифорова, И.Л. К вопросу о наследовании безостости при скрещивании безостых и остистых сортов ячменя / И.Л. Никифорова // Исследования по генетике. – 1976. – №6. – С. 147-153.
138. Никляев, В.С. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство / В.С. Никляев, В.С. Косинский, В.В. Ткачёв, А.А. Сучилина; под. ред. В.С. Никляева. – М: Былина, 2000. – 555 с.
139. Николай Иванович Вавилов: Научное наследие в письмах: Международная переписка, Т.2. – М: Наука, 1997. – 638 с.
140. Никулина, Н.К. Мучнистая роса и другие грибные болезни злаков / Н.К. Никулина, М.А. Элбакян, Р.И. Щекочихина // Распространение вредителей и болезней с.-х. культур в РСФСР в 1966 г. и прогноз их появления в 1967 г. – 1967. – С. 78-79.
141. Новохатин, В.В. Биоклиматические ресурсы Северного Зауралья / В.В. Новохатин // Аграрный вестник Урала. – 2015. – №8 (138). – С. 22-28.
142. Опанасюк, И.В. Качество зерна сортов ячменя и факторы определяющие его в условиях Северного Зауралья / И.В. Опанасюк, Р.И. Белкина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – №3. – С. 63-66.
143. Опанасюк, И.В. Роль сорта в получении зерна ячменя разного целевого назначения в агроклиматических зонах Тюменской области: монография / И.В. Опанасюк. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 80 с.
144. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей овощных культур и картофеля в СССР / В.С. Великань, В.Б. Голуб, Е.Л. Гурьева и др.; сост. Л.М Копанева. – Л: Колос, 1982. – 272 с.
145. Орлова, Е.А. Изучение расового состава возбудителей заболеваний ячменя *Ustilago hordei* и *Ustilago nuda* на территории Западной Сибири / Е.А. Орлова, Н.П. Теличкина // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2011. – №2 (18). – С. 23-26.

146. Официальный портал органов государственной власти Тюменской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/region\\_territory.htm](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/region_territory.htm).

147. Пакуль, В.Н. Полевая всхожесть семян ячменя / В.Н. Пакуль // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – №1. – С. 54-55.

148. Пасечнюк, Л.Е. Агроклиматическая оценка суховеев и продуктивность яровой пшеницы / Л.Е. Пасечнюк, В.А. Сенников. – Л: Гидрометеоиздат, 1983. – 128 с.

149. Пересыпкин, В.Ф. Сельскохозяйственная фитопатология / В.Ф. Пересыпкин. – М: Колос, 1974. – 560 с.

150. Помелов, А.В. Изучение мутантов ярового ячменя по комплексу признаков / А.В. Помелов, Н.Л. Зелененко // Вестник Алатйского государственного аграрного университета. – 2010. – №2 (64). – С. 31-34.

151. Понько, В.А. Агроклиматическое районирование юга Западной Сибири / В.А. Понько // Рациональное использование агроклиматических и водных ресурсов юга Западной Сибири. – 1986. – №17. – С. 3-20.

152. Полевой, В.В. Практикум по росту и устойчивости растений / В.В. Полевой, Т.В. Чиркова, Л.А. Лутова и др.; под ред. В.В. Полевого, Т.В. Лутовой. – СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 212 с.

153. Поползухина, Н.А. О генетической природе мутаций у растений яровой мягкой пшеницы / Н.А. Поползухина // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – Т. 38, №3. – С. 108-111.

154. Поползухина, Н.А. Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири на основе сочетания индуцированного мутагенеза и гибридизации: автореф. докт. дис. / Поползухина Нина Алексеевна. – Тюмень, 2004. – 31 с.

155. Поползухина, Н.А. Использование мутационной и аллоцитоплазматической изменчивости в селекции яровой мягкой пшеницы на адаптивность / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, Н.А. Якунина, М.С. Супонин // Биотехнология: состояние и перспективы развития. – 2017. – С. 97-100.

156. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. – М: КолосС, 2007. – 612 с.
157. Петров, Д.Ф. Основные преимущества методов селекции, основанных на новейших достижениях генетики / Д.Ф. Петров // Индуцированный мутагенез и апомиксис. – 1980. – С. 3-26.
158. Прийлинн, О.Я. Подбор исходного материала для обработки химическими мутагенами / О.Я. Прийлинн, Т.М. Шнайдер // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. – 1984. – С. 81-84.
159. Пыльнев, В.В. Частная селекция полевых культур / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, Т.И. Хупацария и др.; под ред. В.В. Пыльнева. – М: КолосС, 2005. – 552 с.
160. Размещение и специализация государственных сортоиспытательных станций, государственных сортоиспытательных участков, лабораторий и филиалов, перечень. – М., 2014. – 55 с.
161. Рапопорт, И.А. Действие генетически активных веществ на фенотип и чистота генетического состояния / И.А. Рапопорт // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. М: Наука. –1984. – С. 3-56.
162. Рапопорт, И.А. Генетическая дискретность и механизм мутаций / И.А. Рапопорт // Химический мутагенез и проблемы селекции. – 1991. – С. 3-62.
163. Рапопорт, И.А. Открытие химического мутагенеза: Избранные труды. – М: Наука, 1993. – 304 с.
164. Рапопорт, И.А. Гены, эволюция, селекция: Избранные труды. – М.: Наука, 1996. – 250 с.
165. Растениеводство в Тюменской области (2010-2015): Стат. сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области. – Тюмень, 2015. – 317 с.
166. Репко, Н.В. Статистические исследования мирового производства зерна ячменя / Н.В. Репко, К.В. Подоляк, Е.В. Смирнова, Ю.В. Острожная // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №106 (2). – С. 1-9.

167. Репко, Н.В. Высота растений и устойчивость к полеганию коллекционных сортов озимого ячменя / Н.В. Репко, А.С. Кобылянский, Е.В. Хронюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №133. – С. 160-172.

168. Рипбергер, Е.И. Использование химического мутагенеза в расширении границ отбора ценных генотипов мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Е.И. Рипбергер, Н.А. Боме // Фундаментальные исследования. – 2014. – №9. – С. 90-95.

169. Ритус, И.Г. Растениеводство / И.Г. Ритус – М: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. – 465 с.

170. Родина, Н.А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья / Н.А. Родина. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. – 488 с.

171. Рутц, Р.И. Химический мутагенез в селекции яровой пшеницы / Р.И. Рутц, Л.А. Кротова // Селекция зерновых культур в Западной Сибири. – 1992. – С. 14-22.

172. Рутц, Р.И. Экспериментальный мутагенез в селекции сельскохозяйственных культур: итоги и перспективы / Р.И. Рутц, Н.А. Поползухина, Е.В. Верёвкин, Е.Г. Мухордов, И.А. Нейман // Сборник научных работ, посвящённых 170-летию Сибирской аграрной науки. – 1998. – С. 90-96.

173. Рыжкова, Т.А. Гены wx и реологические свойства шрота мягкой пшеницы / Т.А. Рыжкова, М.Ю. Третьяков, В.П. Нецветаев, О.А. Сорокопудова, О.В. Акиншина, А.В. Аркадьева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – №15 (134). – вып. 20. – С. 46-50.

174. Сапега, В.А. Характеристика сортового районирования яровой пшеницы в Тюменской области / В.А. Сапега // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №2. – С. 37-47.

175. Сапожникова, С.А. Об уточнении оценки сельскохозяйственного бонитета климата / С.А. Сапожникова // Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – 1970. – С. 80-91.

176. Сеянинов, Г.Т. К методике сельскохозяйственной климатографии / Г.Т. Сеянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1930. – №2. вып. 22. – С. 45-91.
177. Сеянинов, Г.Т. Агроклиматическая карта мира / Г.Т. Сеянинов: под ред. И.А. Гольцберг. – Л: Гидрометеиздат, 1966. – 11 с.
178. Семенова, А.Г. Злаковые мухи / А.Г. Семенова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. – 2008. – С. 196-213.
179. Сенников, В.А. Агроклиматические ресурсы юго-востока Западной Сибири и продуктивность зерновых культур / В.А. Сенников, А.П. Сляднев. – Л: Гидрометеиздат, 1972. – 149 с.
180. Синельщиков, В.В. Агроклиматические ресурсы произрастания зерновых культур и меры по подъёму их урожайности / В.В. Синельщиков, Л.А. Разумова, С.А. Сапожникова, Ю.И. Чирков // Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – 1970. – С.7-16.
181. Скибина, Ю.С. Об актуальности изучения патосистемы ячмень-тёмно-бурая пятнистость / Ю.С. Скибина // Агротехнологический метод защиты растений от вредных организмов. – 2017. – С. 376-378.
182. Современные методы и международный опыт сохранения генофонда дикорастущих растений (на примере диких плодовых) / Коллективная монография. Алматы: Программа развития ООН в Казахстане, – 2011. – 188 с.
183. Справочник по климату СССР. Выпуск 17. Тюменская и Омская области, Ч.2. Температура воздуха и почвы. – Л: Гидрометеорологическое издательство, 1965. – 275 с.
184. Станчева, Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур (перевод с болгарского) / Й. Станчева. – С: ПЕНСОФТ, 2003. – 175 с.
185. Сумина, А.В. Показатель содержания воды в зерне и его значимость от условий выращивания и генотипа ячменя / А.В. Сумина, В.И. Полонский // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – №6 (81). – С. 121-126.

186. Сурин, Н.А. Ячмень Восточной Сибири / Н.А. Сурин. – Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1977. – 110 с.
187. Сурин, Н.А. Селекция ячменя в Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова. – Новосибирск: РАСХН (Новосибирск), 1993. – 290 с.
188. Сурин, Н.А. Пивоваренный ячмень в Восточной Сибири / Н.А. Сурин, М.Б. Вчерашний // Земледелие. – 1997. – №6. – С. 34-35.
189. Сурин, Н.А. Селекция адаптивных сортов ячменя / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова // Селекция и семеноводство. – 2001. – №3. – С. 24-27.
190. Сурин, Н.А. Совершенствование адаптивных свойств ячменя в процессе селекции / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – №6 (174). – С. 18-24.
191. Сурин, Н.А. Характеристика различных форм ячменя в связи с устойчивостью к полеганию / Н.А. Сурин, Л.Н. Ковригина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – №5 (209). – С. 25-32
192. Сурин, Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур Сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овёс) / Н.А. Сурин. – Новосибирск: ИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2011. – 708 с.
193. Сурин, Н.А. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири / Н.А. Сурин, Н.В. Зобова, Н.Е. Ляхова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, №2. – С. 378-386.
194. Сурин, Н.А. Элементы продуктивности селекционных линий ярового ячменя / Н.А. Сурин, Р.Р. Ламажап // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – №5 (246). – С. 32-39.
195. Сурин, Н.А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточносибирском регионе / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, С.А. Герасимов // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №4-3 (64). – С. 98-103.
196. Сурин, Н.А. Культура ячменя в Восточной Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – №4 (127). – С. 52-65.

197. Сухинина, К.В. Ботаническая классификация ячменя и её использование в селекции новых сортов / К.В. Сухинина, Н.В. Репко, В.В. Ковалев // Современные научные исследования и разработки. – 2016. – № 6 (6) – С. 105-108.
198. Схема размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Тюменской области (без автономных округов). – 2013. – Т.1. – 217 с.
199. Таранухо, Г.И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур / Г.И. Таранухо. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 420 с.
200. Тимошенкова, Т.А. Влияние морфологических признаков на урожайность сортов ярового ячменя в условиях степи Оренбургского предуралья / Т.А. Тимошенкова, Ф.Д. Самуилов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, №3. – С. 46-50.
201. Типсина, Н.Н. Биологическая ценность продуктов переработки ячменя / Н.Н. Типсина, О.С. Пуляева // Вестник КрасГАУ. 2013. – №8. – С. 226-229.
202. Тихонов, Н.И. Современное состояние производства ячменя / Н.И. Тихонов, А.А. Авдеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и Высшее профессиональное образование. – 2015. – №1 (37). – С. 61-66.
203. Токарева, А.Ю. Морфологические и химические характеристики почв Тобольского района Тюменской области / А.Ю. Токарева, Г.С. Алимова, Е.И. Попова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 11. – С. 129-134.
204. Тырышкин, Л.Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения автореф. дис. ... д. с.-х. наук. / Тырышкин Лев Геннадьевич. – Санкт-Петербург, 2007. – 251 с.
205. Тырышкин, Л.Г. Устойчивость ячменя к тёмно-бурой листовой пятнистости / Л.Г. Тырышкин // Развитие земледелия в нечерноземье: Проблемы и их решение. – 2016. – С. 107-111.
206. Тырышкин, Л.Г. Ювенильная устойчивость сортов зерновых культур к болезням / Л.Г. Тырышкин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – С. 37-41.



207. Тюнин, В.А. Селекционная ценность остистости колоса мягкой яровой пшеницы на южном Урале / В.А. Тюнин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 3, №3-1. – С. 50-52.

208. Тяглый, С.В. Источники продуктивности голозёрного ячменя из коллекции ВИР для условий северо-запада России / С.В. Тяглый, О.Н. Ковалева, И.Г. Лоскутов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т.165. – С. 77-83.

209. Удобрения и урожай сельскохозяйственных культур Тюменской области: рекомендации НИИСХ Северного Зауралья. / под ред. В.В. Бурлака. – Тюмень, 1973. – 77 с.

210. Фатыхов, И.Ш. Сравнительный элементный состав зерновок зерновых культур / И.Ш. Фатыхов, В.Н. Гореева, Е.В. Корепанова, О.С. Тихонова, Б.Б. Борисов, Р.Р. Галиев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №3 (48). – С. 11-17.

211. Фахрутенова, И.Б. Влияние погодных условий на полевую всхожесть и выживаемость растений твёрдой яровой пшеницы в разных почвенно-климатических условиях северного Казахстана / И.Б. Фахрутенова, Г.А. Лоскутова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – №12 (86) – С. 39-41.

212. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. Н.Н. Третьякова. – М: Колос, 2005. – 639 с.

213. Филатов, В.И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В.И. Филатов, Г.И. Баздырев, М.Г. Обьедков и др.; под ред. В.И. Филатова. – М: Колос, 2004. – 724 с.

214. Филиппов, Е.Г. Селекция ярового ячменя / Е.Г. Филиппов, А.В. Алабушев. – Ростов-на-Дону: Книга, 2014. – 207 с.

215. Филиппов, Е.Г. Перспективные направления в селекции ячменя / Е.Г. Филиппов, А.А. Донцова, Д.П. Донцов // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – №2 (6). – С. 129-137.

216. Ходьков, Л. Е. Голозерные и безостые ячмени / Л. Е. Ходьков; под ред. М. Г. Агаева. – Л: ЛГУ, 1985. – 135 с.
217. Цильке, Р.А. Сравнительная оценка казахстанских и сибирских сортов мягкой яровой пшеницы по массе 1000 зёрен / Р.А. Цильке, В.М. Москаленко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2006. – №2 (5). – С. 23-27.
218. Шашко, Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
219. Шевцов, В.М. Эффективность химического мутагенеза в селекции ячменя / В.М. Шевцов, П.П. Васюков, Т.В. Кириченко. // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. М: Наука. – 1984. – С. 56-59.
220. Шевцов, В.М. Экологическая пластичность ячменя и химический мутагенез / В.М. Шевцов, В.Х. Мухсинов, Н.В. Серкин, Т.В. Павельева, Т.Т. Калядина, С.А. Аблов // Химический мутагенез и задачи сельскохозяйственного производства. М: Наука. – 1993. – С. 47-49.
221. Шешегова, Т.К. Зависимость развития корневой гнили зерновых культур от погодных условий и сорта / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Защита и карантин растений. – 2016. – №10. – С. 17-19.
222. Шоева, О.Ю. Гены, контролирующие синтез флавоноидных и меланиновых пигментов ячменя / О.Ю. Шоева, К.В. Стрыгина, Е.К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – №22 (3). – С. 333-342.
223. Шукене, Ю.Ю. Изучение селекционно-ценных мутантов ярового ячменя, индуцированных химическими мутагенами / Ю.Ю. Шукене, Н.И. Ширмулите // Химический мутагенез и иммунитет. М: Наука. – 1980. – С. 155-157.
224. Щенникова, И.Н. Изменение пигментного комплекса флаговых листьев ячменя под действием эдафического стресса / И.Н. Щенникова, Е.М. Лисицын, Л.П. Кокина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2010. – №1 (16). – С. 24-28.

225. Щенникова, И.Н. Оценка генофонда ячменя по крупности зерна в условиях Волго-Вятского региона / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, О.И. Бутакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2011. – №1 (20). – С. 12-16.

226. Щенникова, И.Н. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции многорядного ячменя в Волго-Вятском регионе / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, А.В. Кунилова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – №2. – С. 8-10.

227. Эйгес, Н.С. Историческая роль Иосифа Абрамовича Рапопорта в генетике. Продолжение исследований с использованием метода химического мутагенеза / Н.С. Эйгес // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, №1.– С. 162-172.

228. Эйгес, Н.С. «Химический мутагенез» и «фенотипическая активация ферментов» - крупнейшие открытия XX века. Ко дню рождения И.А. Рапопорта / Н.С. Эйгес, Г.А. Волченко, С.Г. Волченко // История и педагогика естествознания. – 2014. – №1. – С. 55-60.

229. Юсов, В.С. Исходный материал для селекции яровой твёрдой пшеницы на устойчивость к полеганию в южной лесостепи Западной Сибири / В.С. Юсов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №6 (68). – С. 5-8.

230. Яковлева, О.В. Устойчивость культурного и дикого ячменя к действию токсичных ионов алюминия / О.В. Яковлева, А.М. Капешинский, О.Н. Ковалева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2009. – Т. 165. – С. 51-53.

231. Ячмень в Тюменской области: рекомендации / под ред. В.В. Бурлака – Тюмень, 1972. 26 с.

232. Ahloowalia, B.S. Global impact of mutation-derived varieties / B.S. Ahloowalia, M. Maluszynski, K. Nichterlein // Euphytica. – 2004. – №135. (2) – P. 187-204.

233. Alqudah, A.M. The Genetic Architecture of Barley Plant Stature / A.M. Alqudah, R. Koppolu, G.M. Wolde, A. Graner, T. Schnurbusch // *Frontiers in Genetics*. – 2016. – №7 (399) – P. 1-15.
234. Baalbaki, R. Seed vigor testing handbook / R. Baalbaki, S. Elias, J. Marcos-Filho, M.B. McDonald // AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing), 2009. – 341 p.
235. Blattner, F.R. Taxonomy of the Genus *Hordeum* and Barley (*Hordeum vulgare*) / R.F. Blattner // *The Barley Genome*. – 2018. – P. 11-23.
236. Buschmann, C. Excitation kinetics of chlorophyll fluorescence during light-induced greening and establishment of photosynthetic activity of barley seedlings / C. Buschmann, S. Konanz, M. Zhou, S. Lenk, L. Kocsányi, A. Barócsi // *Photosynthetica*. – 2013. – №51 (2) – P. 221-230.
237. Country report on the state of plant genetic resources for food and agriculture: Russian Federation, 2007. – 66 p.
238. Damour, G. Long-term drought modifies the fundamental relationships between light exposure, leaf nitrogen content and photosynthetic capacity in leaves of the lychee tree (*Litchi chinensis*) / G. Damour, M. Vandame, L. Urban // *Journal of Plant Physiology* – 2008. – №165. – P. 1370-1378.
239. FAO. Seed Security Assessment: A Practitioner's Guide. – 2016. – 63 p.
240. FAOSTAT. Food and agriculture data. – 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
241. FAO/IAEA Mutant variety database. – 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mvd.iaea.org/#!Search>
242. FAO/IAEA Mutant variety database. – 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mvd.iaea.org/#!Search>
243. Field, A. Discovering statistics using R. / A. Field, J. Miele, Z. Field – London: SAGE Publication LTD, 2012. – 992 p.
244. Kendal, E. Relationship between Chlorophyll and other Features in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) Using SPAD and Biplot Analyses / E. Kendal // *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2015. – №17 (6). – P. 1873-1886.

245. Kolodinska Brantestam, A. A century of breeding – is genetic erosion a reality? Temporal diversity changes in Nordic and Baltic barley. Doctoral dissertation. – 2004. – 30 p.

246. Kolodinska Brantestam, A. Генетическая эрозия ячменя – Сто лет селекции в северном регионе Европы / A. Kolodinska Brantestam, R. von Bothmer, J. Weibull, I. Rashal // Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы экологии и систематики культурных растений. – 2009. – С.76-80.

247. Martín, B. A high-density collection of EMS-induced mutations for TILLING in Landsberg erecta genetic background of Arabidopsis / B. Martín, M. Ramiro, J. M. Martínez-Zapater, C. Alonso-Blanco // BMC Plant biology. – 2009. – №9 (1). – P. 147.

248. Mba, C. Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture / C. Mba // Agronomy. – 2013. – №3 (1). – P. 200-231.

249. McCouch, S. Agriculture: feeding the future / S. McCouch, G.J. Baute, J. Bradeen, P. Bramel, P.K. Bretting, E. Buckler / Nature. – 2013. – №499. – P. 23-24

250. Pecio, A. Grain yield and yield components of spring barley genotypes as the indicators of their tolerance to temporal drought stress / A. Pecio, D. Wach // Polish Journal of Agronomy. – 2015. – №21. – P. 19-27.

251. Porter, J.P. Crop responses to climatic variation / J.R. Porter, M.A. Semenov // Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. – 2005. – Vol. 360. – №1463. – P. 2021-2035.

252. Pournosrat, R. Geographical and environmental determinants of the genetic structure of wild barley in southeastern Anatolia / R. Pournosrat, S. Kaya, S. Shaaf, B. Kilian, H. Ozkan // PloS One. – 2018. – №13 (2). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192386>.

253. Raina, A. Role of Mutation Breeding in Crop Improvement-Past, Present and Future / Aamir Raina, Rafiul Amin Laskar, Shahnawaz Khursheed, Rahul Amin, Younas Rasheed Tantray, Kouser Parveen, Samiulaah Khan // Asian Research Journal of Agriculture. – 2016. – №2 (2) – P. 1-13.

254. Sato, K. Genetic Diversity and Germplasm Management: Wild Barley, Landraces, Breeding Materials / K. Sato, A. Flavell, J. Russell, A. Börner, J. Valkoun // Biotechnological Approaches to Barley Improvement. – 2014. – P. 21-36.
255. Singh, R.J. Utilization of Genetic Resources for Barley Improvement / R.J. Singh, P.P. Jauhar // Chromosome Mapping in Barley (*Hordeum vulgare* L.): Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement Series. Cereals. – 2005. – №. 2. – P. 233-255.
256. Thalmann, M. Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress / M. Thalmann, D. Santelia // New Phytologist. – 2017. – №214. – P. 943–951.
257. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants: APG III // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2009. – №.161 (2) – P. 105-121.
258. Uddling, J. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings / J. Uddling, J. Gelang-Alfredson, K. Piikki, H. Pleijel // Photosynth. Res. – 2007. – №91. – P. 37-46.
259. Verstegen, H. The World Importance of Barley and Challenges to Further Improvements / H. Verstegen, O. Köneke, V. Korzun, R. von Broock // Biotechnological Approaches of Barley Improvement. – 2014. – P. 3-19.
260. Van de Wouw, M. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges / M. van de Wouw, C. Kik, T. van Hintum, R. van Treuren, B. Visser // Plant Genetic Resources. – 2010. – № 8 (01). – P. 1-15.
261. Villadsen, D. Osmotic stress changes carbohydrate partitioning and fructose-2,6-bisphosphate metabolism in barley leaves / D. Villadsen, J.H. Rung, T.H. Nielsen // Functional Plant Biology. – 2005. – №32 (11). – P. 1033-1043.
262. Wang, Q. Nondestructive and rapid estimation of leaf chlorophyll and nitrogen status of peace lily using chlorophyll meter / Q. Wang, J. Chen, Y. Li. // J. Plant Nutr. – 2004. – №27. – P. 557-569.
263. Wiesler, F. The crop as indicator for sidedress nitrogen demand in sugar beet production limitations and perspectives / F. Wiesler, M. Bauer, M. Kamh, T. Engels, S. Reusch // J. Plant Nutr. Soil Sci. – 2002. – №165. – P. 93-99.

264. Zhu, J. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species / J. Zhu, N. Tremblay, Y. Liang // Canadian Journal of Soil Science. – 2012. – №92 (4). – P. 645-648.