

УДК 631.432:631.436:631.421.1:633.11“321”

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ДЛИТЕЛЬНОМ СТАЦИОНАРНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ

© 2022 г. А. Е. Малыгин<sup>1,\*</sup>, Г. М. Захаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501 Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, Россия

\*E-mail: alekmal48@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.04.2021 г.

После доработки 28.05.2021 г.

Принята к публикации 13.09.2021 г.

В длительном стационарном полевом опыте изучено влияние гидротермических условий вегетационного периода на агробиологические показатели яровой пшеницы в севооборотах с разным насыщением зерновыми культурами. Показано, что наименее чувствительными к гидротермическим условиям на экстенсивном фоне оказались пшеница после пара и пшеница после клевера. Применение минеральных удобрений в дефицитные по влагообеспеченности годы сглаживало негативное влияние гидротермических условий на урожайность яровой пшеницы. Выявлено, что содержания клейковины и сырого белка, характеризующие качество зерна пшеницы, зависели от погодных условий начала августа в период полного созревания.

*Ключевые слова:* севообороты, яровая пшеница, урожайность, качество зерна гидротермический коэффициент, фазы развития яровой пшеницы.

**DOI:** 10.31857/S0002188121120073

### ВВЕДЕНИЕ

На продуктивность севооборотов оказывают влияние как агротехнологические приемы, применение разнообразных экзогенных химических веществ и набор сельскохозяйственных культур, так и особенности погодных условий вегетационного периода [1, 2]. В настоящее время общепризнанным является представление о том, что продуктивность земледелия в условиях изменяющегося глобального климата и устойчивость сельскохозяйственного производства представляют собой взаимосвязанные факторы [3].

Урожайность зерновых культур определяется гидротермическими условиями вегетационного периода, которые влияют не только на формирование, но и на варьирование величины урожая, биохимический состав и технологические качества зерна. Это связано с тем, что ростовые процессы и прохождение фаз развития растений в период их вегетации проходят в условиях различных температур, уровня выпавших осадков, продолжительности светового дня и прихода ФАР [2, 4, 5].

Следует отметить, что метеорологические условия в отдельные годы и особенно в период вегетации растений могут значительно отличаться от среднемноголетних. При этом интегральным показателем оценки условий тепло- и влагообеспечения вегетационных периодов является предложенный Селяниновым гидротермический коэффициент (ГТК) [6].

В настоящий момент в литературе по этому вопросу имеются данные, полученные в разных климатических зонах и в разных севооборотах [3, 7, 8]. Поэтому представляло интерес продолжить исследования на выщелоченном черноземе лесостепной зоны Западной Сибири в севооборотах с разным насыщением зерновыми культурами в длительном стационарном опыте [4].

Цель работы – в многолетнем стационарном полевом опыте выявить влияние гидротермических условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в севооборотах при разных уровнях интенсивности ее возделывания.

**Таблица 1.** Ресурсы тепло- и влагообеспеченности в годы проведения опыта на стационаре СибНИИЗиХ (гидротермический коэффициент по Селянину (ГТК), АМС “Огурцово”, Новосибирская обл.),  $X_{cp} \pm S_x$ 

Фаза вегетации пшеницы	Годы с дефицитной влагообеспеченностью (2003, 2005, 2011, 2012, 2016)	Годы с умеренно-дефицитной влагообеспеченностью (2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2014)	Годы с умеренно-увлажненной влагообеспеченностью (2000, 2001, 2007, 2009, 2013, 2015)
Посев–кущение 20.05–20.06	0.5 ± 0.2	1.0 ± 0.4	2.1 ± 0.4
Трубкавание 20.06–01.07	0.7 ± 0.3	0.8 ± 0.3	0.7 ± 0.3
Колошение–цветение 01.07–20.07	1.0 ± 0.4	1.4 ± 0.5	2.3 ± 0.6
Созревание 20.07–20.08	0.6 ± 0.2	0.9 ± 0.5	1.6 ± 0.6
ГТК <sub>6,7,8</sub>	0.78 ± 0.09	1.08 ± 0.12	1.55 ± 0.22

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на центральном опытном поле СибНИИЗиХ, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Северо-Предалтайской лесостепной провинции [9]. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Мощность гумусового горизонта (А1) – 39 см, АВ – 13 см. Плотность сложения выщелоченного чернозема варьирует от 1.02 в пахотном горизонте до 1.46 г/см<sup>3</sup> в горизонте Вк. Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 4.2–4.8%, общего азота – 0.27–0.41%, подвижного фосфора по Карпинскому–Замятиной – 3.4–5.9 мг/кг, по Чирикову – 180–185, обменного калия – 70–77 мг/кг почвы, рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> 6.7.

Стационар по изучению севооборотов заложен в 1996 г. Опыты проводили при 2-х уровнях интенсификации: 1 – экстенсивный, без удобрений и средств химизации, 2 – интенсивный, с полным набором средств химизации (удобрения + + применение пестицидов для защиты растений от болезней, вредителей и сорняков). Аммиачную селитру вносили из расчета N60 под культуру, суперфосфат – P120 за ротацию 4-польного севооборота осенью под основную обработку. Обработку против вредных объектов проводили в зависимости от результатов фитосанитарной диагностики.

Приемы основной и предпосевной обработки почвы соответствовали рекомендациям СибНИИЗХим [10], причем с соблюдением принципа соответствия обработки почвы оптимальным технологиям возделывания культур. Посев яровой пшеницы сорта Новосибирская 29 в годы опыта проводили в период с 20 по 25 мая, что было связано с благоприятными агроклиматическими условиями в центральной лесостепи Приобья,

достаточными запасами влаги (110–160 мм) и элементов питания (нитратный азот 60–90 кг/га – на экстенсивном фоне, 110–140 кг/га – на интенсивном фоне) в 1-метровом слое почвы.

На продолжительность фаз развития выращиваемого сорта яровой пшеницы и всего периода ее вегетации гидротермические условия существенного влияния не оказали. Период посев–кущение происходил с 20 мая по 20 июня. Трубкавание заканчивалось к 1 июля, период колошение–цветение – к 20 июля. Уборку зерновых проводили после 20 августа.

Материалы, представленные в статье, получены в 2000–2016 гг., начиная со 2-й ротации 4-польных севооборотов: 1 – зернопаровой (пар – пшеница – пшеница – ячмень), 2 – зерновой (вики-овес на зерно – пшеница – пшеница – ячмень), 3 – зернотравяной (клевер на зеленую массу – пшеница – пшеница – ячмень + клевер), 4 – зерновой (пшеница – овес – пшеница – ячмень и бессменное выращивание пшеницы).

Годы периода опытов были сгруппированы согласно величине ГТК (табл. 1).

Анализы почвы, зерна и биомассы растений выполнены по соответствующим ГОСТам, ОСТам и общепринятым методикам [11]. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием табличного процессора Microsoft Excel. Результаты представлены в виде средних ( $X_{cp}$ ) ± стандартное отклонение ( $S_x$ ). Статистическую обработку результатов исследования выполнили с помощью пакета прикладных программ SNEDECOR [12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность пшеницы существенно изменялась в зависимости от складывавшихся гидротер-

**Таблица 2.** Урожайность яровой пшеницы в различных севооборотах в зависимости от гидротермических условий вегетации ( $X_{cp} \pm S_x$ ), т/га

Предшественник пшеницы	Дефицитная влагообеспеченность		Умеренно-дефицитная влагообеспеченность		Умеренно-увлажненная влагообеспеченность	
	1	2	1	2	1	2
Пар	1.57 ± 0.4	2.89 ± 0.6	2.59 ± 0.42	3.51 ± 0.6	3.63 ± 0.34	4.64 ± 0.16
Вика-овес (на зерно)	0.91 ± 0.4	1.76 ± 0.8	1.78 ± 0.5	3.01 ± 0.6	2.48 ± 0.45	3.92 ± 0.4
Клевер	1.0 ± 0.3	2.01 ± 0.7	1.94 ± 0.27	3.04 ± 0.7	2.73 ± 0.6	4.18 ± 0.39
Ячмень	0.88 ± 0.09	1.98 ± 0.24	1.69 ± 0.3	2.90 ± 0.31	2.28 ± 0.4	3.64 ± 0.28
Пшеница	0.81 ± 0.20	1.49 ± 0.48	1.56 ± 0.28	2.63 ± 0.35	2.10 ± 0.35	3.62 ± 0.39

Примечание. В графе 1 – экстенсивный фон, 2 – интенсивный фон.

мических условий конкретного вегетационного периода. Максимальная урожайность была отмечена в зернопаровом севообороте на интенсивном фоне в умеренно увлажненные годы (в среднем в опыте 4.6 т/га), минимальная – при бессменном выращивании пшеницы на экстенсивном фоне в дефицитные по влагообеспеченности годы (в среднем в опыте 0.8 т/га) (табл. 2). Таким образом, при высоких весенних запасах влаги и нитратного азота была отмечена вариабельность величины урожая пшеницы, которую определяли изменения гидротермических условий как всего периода вегетации, но в основном гидротермические условия отдельных фаз вегетации.

В промежуток посев–кушение в годы умеренно-дефицитные по влагообеспеченности (ГТК = 1.0) средняя урожайность в зависимости от севооборота на экстенсивном фоне находилась в пределах 1.6–2.6 т/га, в умеренно-увлажненные годы (ГТК > 2) средняя урожайность в зависимости от севооборота на экстенсивном фоне составила 2.1–3.6 т/га, а в годы с ГТК = 0.5 урожайность находилась в пределах 0.8–1.6 т/га. Таким образом, сложившиеся гидротермические условия в начальный период вегетации пшеницы на экстенсивном фоне являлись определяющими для формирования величины урожая. Аналогичные закономерности были отмечены и на интенсивном фоне.

Контрастные условия увлажнения отмечены и в период с конца трубкования до колошения: в 6-ти вегетационных сезонах из 17 ГТК составил 2.3, в 5-ти – был равен 1.0, в очень засушливом 2012 г. гидротермический коэффициент снизился до 0. Следует отметить, что недостаток влаги в 2008 г. (ГТК = 0.6) и 2010 г. (ГТК = 0.8) в период с конца трубкования до колошения не оказал существенного влияния на урожайность пшеницы в севооборотах, она находилась на уровне 2001 г.,

когда было отмечено значительное и равномерное выпадение осадков в период посев–цветение и, как следствие, нормальное увлажнение в вегетационный период. На формирование урожая в 2008 и 2010 гг., как было отмечено ранее, оказали большее влияние весенние запасы продуктивной влаги (130 мм).

Гидротермические условия при созревании пшеницы также значительно различались: в 5 сезонах из 17 лет опыта наблюдали острый дефицит влаги (в среднем ГТК был равен 0.6), в 6 сезонах ГТК был ≈ 1.0 и в 3-х сезонах (2000, 2001 2013 гг.) с избыточным увлажнением ГТК был > 2.0.

Корреляционно-регрессионный анализ связи между урожайностью первой пшеницы в севооборотах и величиной ГТК показал сопряженность этих показателей. Высокие стартовые запасы продуктивной влаги и нитратного азота запускали процессы органогенеза, которые в дальнейшем для своей реализации требовали тепло и влагу. Их нехватка снижала урожайность яровой пшеницы (табл. 2).

Согласно регрессионной модели, предположили наличие связи между урожайностью пшеницы и гидротермическими условиями вегетационного периода. Для оценки временных рядов был выбран полиномиальный регрессионный анализ парных зависимостей, который позволил определить долю дисперсий зависимой переменной, а именно коэффициент детерминации ( $R^2$ ). Выявили существенную зависимость урожайности пшеницы от величины ГТК в годы с дефицитной влагообеспеченностью. В другие годы зависимость величины урожайности от уровня влагообеспеченности не была отмечена (табл. 3).

Более детально был проведен корреляционный анализ связи урожайности пшеницы в севооборотах с тепло- и влагообеспеченностью в разные фазы ее развития (табл. 4).

**Таблица 3.** Вариация урожайности в зависимости от ГТК вегетационного периода ( $R^2$ ). Полиномиальный регрессионный анализ парных зависимостей

Предшественник пшеницы	Дефицитная влагообеспеченность	Умеренно-дефицитная влагообеспеченность	Умеренно-увлажненная влагообеспеченность
Пар	<u>0.88</u>	<u>0.68</u>	<u>0.51</u>
	0.98	0.49	0.28
Вика-овес (на зерно)	<u>0.82</u>	<u>0.17</u>	<u>0.30</u>
	0.77	0.32	0.38
Клевер	<u>0.73</u>	<u>0.34</u>	<u>0.62</u>
	0.91	0.13	0.57
Ячмень	<u>0.90</u>	<u>0.50</u>	<u>0.36</u>
	0.96	0.43	0.62
Пшеница	<u>0.83</u>	<u>0.60</u>	<u>0.32</u>
	0.95	0.26	0.82
<i>F</i> -критерий	<u>7.6</u>	<u>1.6</u>	<u>1.7</u>
	54	0.9	2.5

Примечание. Над чертой – экстенсивный фон; под чертой – интенсивный фон.

**Таблица 4.** Корреляционная связь урожайности пшеницы и ГТК в различных фазах вегетации пшеницы

Предшественник пшеницы	Дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-увлажненная влагообеспеченность			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Пар	<u>0.34</u>	<u>0.18</u>	<u>0.69</u>	<u>0.67</u>	<u>0.03</u>	<u>0.20</u>	<u>0.16</u>	<u>0.62</u>	<u>-0.34</u>	<u>-0.81</u>	<u>-0.96</u>	<u>-0.76</u>
	0.84	0.76	0.77	0.91	0.04	0.21	0.11	0.55	-0.60	-0.79	-0.65	-0.86
Вика-овес (на зерно)	<u>0.33</u>	<u>0.02</u>	<u>0.57</u>	<u>0.67</u>	<u>0.87</u>	<u>0.55</u>	<u>-0.08</u>	<u>-0.15</u>	<u>-0.01</u>	<u>-0.40</u>	<u>-0.40</u>	<u>-0.44</u>
	0.55	0.48	0.63	0.63	-0.06	-0.49	-0.18	0.46	-0.09	-0.26	-0.32	0.41
Клевер	<u>0.11</u>	<u>-0.27</u>	<u>0.28</u>	<u>0.47</u>	<u>0.74</u>	<u>0.65</u>	<u>0.12</u>	<u>0.03</u>	<u>-0.69</u>	<u>-0.83</u>	<u>-0.88</u>	<u>-0.86</u>
	0.89	0.55	0.75	0.94	0.08	-0.08	-0.35	0.24	-0.85	-0.90	-0.76	-0.93
Ячмень	<u>0.08</u>	<u>-0.07</u>	<u>0.47</u>	<u>0.45</u>	<u>0.59</u>	<u>0.73</u>	<u>0.28</u>	<u>0.17</u>	<u>-0.32</u>	<u>-0.10</u>	<u>-0.23</u>	<u>-0.25</u>
	0.86	0.85	0.86	0.80	-0.05	-0.38	-0.36	0.37	-0.26	-0.41	-0.44	-0.56
Пшеница	<u>0.19</u>	<u>-0.27</u>	<u>0.44</u>	<u>0.55</u>	<u>0.42</u>	<u>0.29</u>	<u>-0.01</u>	<u>-0.14</u>	<u>-0.27</u>	<u>0.18</u>	<u>0.45</u>	<u>-0.01</u>
	0.86	0.75	0.89	0.90	-0.16	-0.36	-0.35	0.34	-0.04	0.08	0.23	-0.11

Примечания. 1. Фазы вегетации пшеницы: в графе 1 – посев–кущение, 2 – трубкование, 3 – колошение, 4 – созревание. 2. Над чертой – экстенсивный фон, под чертой – интенсивный фон. 3. Критическая величина коэффициента корреляции равна 0.53 при уровне значимости  $P = 0.05$ . То же в табл. 5, 6.

В умеренно-дефицитные годы на экстенсивном фоне тесная положительная связь урожайности первой пшеницы в севооборотах и ГТК прослежена в период посев–кущение (за исключением пшеницы после пара), а в годы с дефицитом влагообеспечения сильная связь была выявлена в период колошение–созревание. В умеренно-увлажненные годы корреляция величины урожайности пшеницы с гидротермическим коэффициентом не выявлена.

Таким образом, для получения максимальной урожайности пшеницы в данных почвенно-климатических условиях значимы не только структу-

ра севооборота, но и оптимальный гидротермический режим в наиболее важные (критические) периоды вегетации растений.

В умеренно-увлажненные годы благоприятные гидротермические условия способствовали реализации генетического потенциала яровой пшеницы. Применение минеральных удобрений в дефицитные по влагообеспеченности годы сглаживало влияние гидротермических условий на ее урожайность (табл. 2). Влияние метеорологических условий вегетационного периода на эффективность использования культурными растения-

**Таблица 5.** Корреляционная связь содержания сырой клейковины и ГТК в различных фазах вегетации пшеницы

Предшественник пшеницы	Дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-увлажненная влагообеспеченность			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Пар	0.41	-0.87	-0.67	0.47	-0.63	-0.75	-0.15	-0.13	0.30	0.46	0.08	0.28
	0.75	-0.62	-0.51	0.15	-0.60	-0.74	-0.16	-0.06	0.08	-0.02	-0.17	0.60
Вика-овес (на зерно)	0.52	-0.80	-0.73	0.48	-0.38	-0.85	-0.28	-0.11	-0.51	0.09	-0.71	0.27
	0.69	-0.63	-0.55	0.30	-0.47	-0.82	-0.39	-0.04	-0.06	0.46	-0.31	0.23
Клевер	0.04	-0.84	-0.99	0.80	-0.52	-0.87	-0.51	-0.13	-0.44	0.38	-0.65	0.25
	0.48	-0.46	-0.81	0.63	-0.71	-0.79	-0.31	-0.07	0.10	0.23	-0.13	0.59
Ячмень	-0.1	-0.83	-0.97	0.93	-0.60	-0.63	-0.51	0.22	0.12	0.06	-0.07	0.63
	0.45	-0.42	-0.79	0.64	-0.59	-0.60	-0.36	0.23	0.21	0.45	0.02	0.17
Пшеница	0.16	-0.82	-0.85	0.81	-0.49	-0.22	-0.75	0.51	-0.56	0.06	-0.72	0.64
	0.45	-0.39	-0.40	0.44	-0.22	-0.21	-0.54	0.66	0.27	0.36	0.08	0.48

**Таблица 6.** Корреляционная связь содержания сырого протеина в зерне пшеницы и ГТК в различных фазах вегетации пшеницы

Предшественник пшеницы	Дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-дефицитная влагообеспеченность				Умеренно-увлажненная влагообеспеченность			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Пар	-0.09	-0.19	-0.51	0.75	-0.63	-0.02	-0.12	0.50	-0.03	0.45	-0.18	0.22
	-0.11	0.37	-0.84	0.80	-0.41	-0.43	-0.31	0.38	0.28	0.46	0.16	0.15
Вика-овес (на зерно)	0.18	-0.28	-0.50	0.66	-0.31	-0.40	-0.58	0.45	-0.64	0.24	-0.81	0.24
	0.10	-0.22	-0.45	0.69	-0.32	-0.26	-0.72	0.58	-0.53	0.28	-0.71	0.32
Клевер	0.41	-0.81	-0.86	0.64	-0.58	-0.72	-0.67	0.08	-0.62	0.31	-0.79	0.26
	0.49	-0.64	-0.75	0.61	-0.59	-0.66	-0.65	0.17	-0.54	0.45	-0.68	0.19
Ячмень	0.16	-0.52	-0.71	0.79	-0.38	-0.31	-0.36	0.56	-0.69	-0.02	-0.80	0.51
	0.03	-0.64	-0.75	0.70	-0.31	-0.07	-0.51	0.76	-0.58	0.06	-0.71	0.46
Пшеница	0.66	-0.43	-0.65	0.45	-0.24	0.17	-0.64	0.87	-0.71	-0.04	-0.83	0.46
	0.60	-0.18	-0.48	0.40	-0.02	0.39	-0.45	0.96	-0.54	-0.01	-0.61	0.40

ми внесенных удобрений отмечено и другими авторами [13–15].

Важными показателями, характеризующими качество зерна пшеницы, является содержание сырой клейковины и сырого протеина. Показано (табл. 5), что содержание сырой клейковины зависело от величины ГТК начала августа или во время полного созревания зерна. В годы с дефицитным влагообеспечением у пшеницы после клевера на экстенсивном фоне оно достигало 32%, в годы с умеренно-увлажненным влагообеспечением – уменьшалось до 27%.

Не выявлено положительной связи величин содержания сырого протеина в зерне яровой пшеницы с ГТК в умеренно увлажненные годы (табл. 6). В годы с дефицитом влагообеспечения низкий ГТК в период созревания зерна пшеницы не снижал содержание сырого протеина, которое

составило 16% на интенсивном фоне. В умеренно увлажненные годы этот показатель был равен 15%. Полученные результаты хорошо согласовались с литературными данными [13, 15, 16].

## ВЫВОДЫ

1. Урожайность яровой пшеницы на экстенсивном фоне была тесно связана с гидротермическими условиями, складывающимися в начальный период вегетации растений.

2. Применение минеральных удобрений в дефицитные по влагообеспеченности годы нивелировало влияние гидротермических условий на урожайность яровой пшеницы.

3. Выявлена обратная зависимость между величиной ГТК и урожайностью пшеницы в умеренно-увлажненные годы.

4. Содержание сырой клейковины и сырого белка, как показатели, характеризующие качество зерна пшеницы, зависели от погодных условий начала августа во время полного созревания зерна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко А.А. Научные приоритеты развития растениеводства в XXI веке // Экологические основы повышения устойчивости и продуктивности агроландшафтных систем. Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2001. С. 10.
2. Паников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
3. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Под ред. Иванова А.Л., Кирюшина В.И. М., 2009. 517 с.
4. Малыгин А.Е., Захаров Г.М., Понько В.А., Земенков Н.А. Продуктивность полевых севооборотов в лесостепи Приобья в зависимости от средств химизации и условий увлажнения // Плодородие. 2016. № 3. С. 22–24.
5. Сарычева А.А. Физиолого-биохимические закономерности формирования качества зерна в различных агроэкологических условиях // Агрохимия. 2002. № 6. С. 30–33.
6. Чирков Ю.И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 320 с.
7. Крючков А.Г., Бесалиев И.Н. Параметры температурного режима и увлажнения межфазных периодов вегетации ячменя // Вестн. РАСХН. 2008. № 5. С. 51–52.
8. Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Пасынков А.В. Зависимость урожая зерна яровой пшеницы от гидро-термических условий межфазных периодов вегетации // Плодородие. 2010. № 4. С. 6–8.
9. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии. Новосибирск: РАСХН, СО, 2009. С. 144–151.
10. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. Новосибирск: СО РАСХН, СибНИИЗХим, 2002. 388 с.
11. Практикум по агрохимии: Уч. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
12. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: СО РАСХН, 2008. 217 с.
13. Шарков И.Н., Колбин С.А. Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья // Вестн. НГАУ. 2020. № 1 (54). С. 33–41.
14. Сиротенко О.Д., Романенков В.А., Павлова В.Н., Листова М.П. Оценка и прогноз эффективности минеральных удобрений в условиях изменяющегося климата // Агрохимия. 2009. № 7. С. 26–33.
15. Черкасов Г.Н., Сокорев Н.С., Воронин А.Н., Трапезников С.В. Влияние погодных условий на плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений в центральном Черноземье // Докл. РАСХН. 2010. № 5. С. 25–27.
16. Завалин А.А., Пасынков А.В. Азотное питание и прогноз качества зерновых культур. М.: ВНИИА, 2007. С. 116–117.

## Influence of Hydrothermal Conditions of the Growing Season on the Yield and Quality of Spring Wheat Grain in a Long-Term Stationary Field Experiment

A. E. Malygin<sup>a,#</sup> and G. M. Zakharov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Siberian Institute of Agronomy and Agricultural Chemistry RAS  
Novosibirsk region, Krasnoobsk 630501, Russia

<sup>#</sup>E-mail: alekmal48@yandex.ru

In a long-term stationary field experiment, the influence of hydrothermal conditions of the growing season on the agrobiological indicators of spring wheat in crop rotations with different grain saturation was studied. It is shown that wheat after steam and wheat after clover were the least sensitive to hydrothermal conditions on an extensive background. The use of mineral fertilizers in the years that were deficient in moisture supply smoothed the negative impact of hydrothermal conditions on the yield of spring wheat. It was revealed that the content of gluten and raw protein, which characterize the quality of wheat grain, depended on the weather conditions of the beginning of August during the full ripening period.

*Key words:* crop rotations, spring wheat, yield, grain quality, hydrothermal coefficient, phases of development of spring wheat.