

## ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Целью работы является выявление декадного влияния абиотических факторов вегетационного периода на урожайность голозерных и пленчатых сортов ячменя различных групп спелости в лесостепи Красноярского края. Методы исследования: закладка опытов и наблюдения проводились в соответствии с методикой государственного сортоиспытания в 2002–2014 гг. Опыты закладывались в четырёхкратной повторности, учётная площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>. Влияние погодных условий на урожайность определяли методом корреляционного анализа по методике Д.У. Снедекора с использованием пакета статистических программ О.Д. Сорокина. Выявлена сильная положительная степень связи между урожайностью и суммой температур первой и второй декады августа: коэффициент корреляции от 0,671 у сортообразца Т 12 до 0,746 у Омского голозерного 1 и от 0,679 у Абалака до 0,945 у Буяна. Отмечена сильная положительная степень связи суммы осадков третьей декады мая у сортов Буян, Тулеевский и Зенит. Их коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,748, 0,671 и 0,665. В третьей декаде июня сильная корреляционная зависимость наблюдается у Арата – 0,724, Омского голозерного 1 – 0,714 и Омского 96 – 0,673. Во второй декаде августа высокую корреляционную зависимость показывают Омский голозерный 2 – 0,731 и Арат – 0,671. При увеличении гидротермического коэффициента (ГТК) в третьей декаде мая и июня во второй декаде августа урожайность сортов ячменя возрастает. Отмечена прямая корреляционная зависимость урожайности от ГТК в третьей декаде мая и второй декаде августа у половины исследуемых сортов. Между ГТК и урожайностью третьей декады июня прямая связь наблюдается у 16 из 22 вариантов: коэффициенты корреляции от 0,407 (Зенит) до 0,728 (Вибке). Выводы: урожайность сортов ячменя повышается при увеличении суммы температур первой и второй декады августа; при увеличении суммы осадков третьей декады мая, третьей декады июня, второй и третьей декады августа; при увеличении гидротермического коэффициента в третьей декаде мая и июня, во второй и третьей декадах августа.

**Ключевые слова:** ячмень яровой, урожайность, корреляционная зависимость, сумма температур, сумма осадков, гидротермический коэффициент.

**Y.I. Serebrennikov, L.P. Baikalova**

## THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON CROP YIELDS OF BARLEY VARIETIES IN PARTIALLY WOODED STEPPE OF PRIENISEYSKY SIBERIA

The aim of the study is to identify decadal influence of abiotic factors on the productivity of the growing season with hull and hulled barley varieties of different maturity groups in the partially wooded steppe of the Krasnoyarsk territory. The methods of investigation included making experiments and observations according to the procedure of state variety trials in 2002–2014. The experiments were laid in the fourfold repetition, plots Account area was 25 m<sup>2</sup>. The impact of weather on crop yields was determined by correlation analysis with the help of D.W. Snedecor's method and using the statistical software package, suggested by O.D. Sorokin. A strong positive relationship between the level of productivity and the amount of heat in the first and second decade of August revealed the correlation coefficient of 0,671 accessions from T 12 to 0,746 from Omsk hull-less 1 and from 0,679 to 0,945 in Abalak saw Skipper. There was a strong positive level of communication amount of precipitation of the third decade of May varieties Buyan, Tuлееvsky and Zenith. Their correlation coefficients were, respectively, 0,748, 0,671 and 0,665. In the third decade of June, a strong correlation was observed in 0,724 Arata, Omsk hull-less 1 and Omsk 1 – 0,714; 96 – 0,673. In the second decade of August a high correlation dependence in Omsk hull-less1 2 0,731 and

0,671 Arat was demonstrated. With an increase in hydrothermal coefficient (SCC) in the third week of May and June, during the second week of August the yield of barley varieties increased. There was a direct correlation in yields from SCC in the third week of May and the second week of August in half of the studied varieties. Between the SCC and the yield of the third decade of June a direct relationship was observed in 16 of the 22-option: the correlation coefficients were from 0,407 (Zenit) to 0,728 (Wiebke). Conclusions. The yield varieties of barley grew with the increasing the amount of heat during the first and second decades of August; with an increase in the amount of precipitation in the third decade of May, the third decade of June, the second and third decades of August; with increasing hydrothermal coefficient in the third week of May and June, the second and third weeks of August.

**Key words:** spring barley, yields, correlation, the amount of heat, amount of rainfall, hydrothermal coefficient.

**Введение:** Яровой ячмень – наиболее скороспелая и пластичная культура. Среди ранних яровых зерновых он даёт наиболее высокие и устойчивые по годам урожаи [1].

Потенциал продуктивности плёнчатого ячменя в регионе составляет 6,0–7,0 т/га, голозёрного – 3,0–5,0 т/га. Однако в варьирующих условиях производства сбор зерна в благоприятные годы составляет 40–45 %, в экстремальные – 15–20 % возможного [2, 3]. Сортосмена ячменя обуславливает необходимость выявления резервов повышения урожайности ячменя путём повышения его адаптивного потенциала, что делает выбранную для исследования тему особенно актуальной.

В данной статье приводятся результаты анализа зависимости температурного фактора, влагообеспеченности и гидротермического коэффициента от перечисленных климатических абиотических факторов. Изучено влияние сумм декадных температур, осадков и гидротермического коэффициента на урожайность ячменя раннеспелой, среднеспелой и голозёрной групп. Отмечено повышение урожайности сортов ячменя при увеличении суммы температур первой и второй декады августа; при увеличении суммы осадков третьей декады мая, третьей декады июня, второй и третьей декады августа; при увеличении гидротермического коэффициента в третьей декаде мая и июня, во второй и третьей декадах августа.

**Цель исследования:** выявление подекадного влияния абиотических факторов на урожайность сортов ячменя в период «2-я декада мая – 1-я декада сентября».

**Задачи:**

- 1) определить корреляционную связь между температурным фактором периода «2-я декада мая – 1-я декада сентября» и урожайностью по декадам;
- 2) определить корреляционную связь между осадками периода «2-я декада мая – 1-я декада сентября» по декадам и урожайностью сортов ячменя;
- 3) определить корреляционную связь между гидротермическим коэффициентом периода «2-я декада мая – 1-я декада сентября» по декадам и урожайностью сортов ячменя.

**Методы исследования.** Полевые исследования проводились в 2002–2014 гг. на полях конкурсного сортоиспытания Канского государственного сортоиспытательного участка (ГСУ) в рамках плана госсортоиспытания, поступающего ежегодно на Канский ГСУ от ФГБУ «Госсорткомиссия по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва». Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным. Предшественник – пшеница яровая. Обработка почвы осуществлялась согласно общепринятым рекомендациям для данной зоны. опыты закладывались в четырёхкратной повторности, учётная площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>, размещение – методом рендомизированных повторений. Закладка опытов и наблюдения на них проводились в соответствии с методикой государственного сортоиспытания [4]. Норма высева – 5,0 млн всх. зёрен/га. Удобрения не вносились.

Приводятся результаты научных исследований 22 сортов ярового ячменя. Из них 19 – плёнчатые, 3 – голозёрные. При этом плёнчатые сорта разделены были на раннеспелые (сорт-стандарт – Биом) и среднеспелые (сорт-стандарт – Ача). В группе голозёрных в роли сорта-стандарта выступает сорт Оскар. Влияние погодных условий на урожайность определяли методом корреляционного

анализа по методике Д.У. Снедекора [5] с использованием пакета статистических программ О.Д. Сорокина [6].

Метеорологические условия лет исследований отличались друг от друга и от средней многолетней величины. Самой прохладной декадой периода «2-я декада мая – 1-я декада сентября» (периода вегетации) является 2-я декада мая (+10,9 °С), а самой тёплой – 2-я декада июля (+21,3 °С) (рис. 1). Осадков меньше всего было в 1-й декаде июня и 1-й декаде сентября (по 9,7 мм), а больше всего – в 3-й декаде июля (46,4 мм) (рис. 2). Гидротермический коэффициент (ГТК) самый маленький в 1-й декаде июня (0,63), а самый большой – во 2-й декаде августа (1,91) (рис. 3).

Засушливые условия вегетационного периода «2-я декада мая – 1-я декада сентября» сложились в 2003, 2005, 2008 гг., недостаточное увлажнение отмечено в 2002, 2004, 2006, 2010, 2012 гг., умеренное увлажнение было в 2009, 2011, 2013 г., а в 2007 и 2014 гг. было достаточное увлажнение. А по декадам (в среднем за все 13 лет): в 1-й и 3-й декадах июня, 1-й декаде августа и 1-й декаде сентября были засушливые условия, в 3-й декаде мая, 2-й декаде июня, 1-й и 2-й декадах июля и в 3-й декаде августа было отмечено недостаточное увлажнение, во 2-й декаде мая и в 3-й декаде июля было достаточное увлажнение и лишь во 2-й декаде августа увлажнение было избыточным. В целом же погодные условия лет исследований отвечали требованиям биологии ячменя.

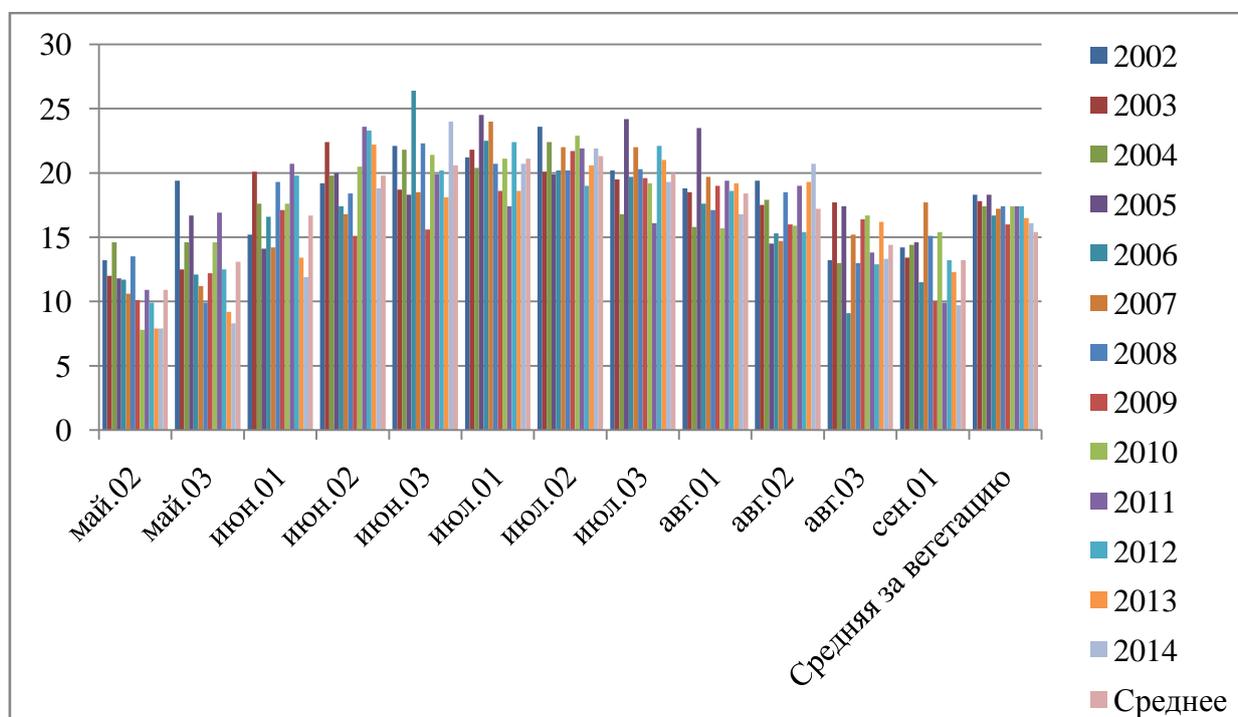


Рис. 1. Подекадный ход температур вегетационного периода на Канском ГСУ в 2002–2014 гг., °С

**Результаты исследования.** В таблицах 1–3 представлены декады с количеством достоверных корреляций, равным 10 и более штук в каждой. При повышении температуры воздуха в 1-й декаде июня (в период «всходы-начало кущения»), в 1-й и 3-й декадах июля (в период колошения) и в 1-й декаде сентября (в период «восковая-полная спелость») урожайность сортов ячменя снижается, а в 1–2-й декадах августа (в период созревания зерна), наоборот – повышается (табл. 1).

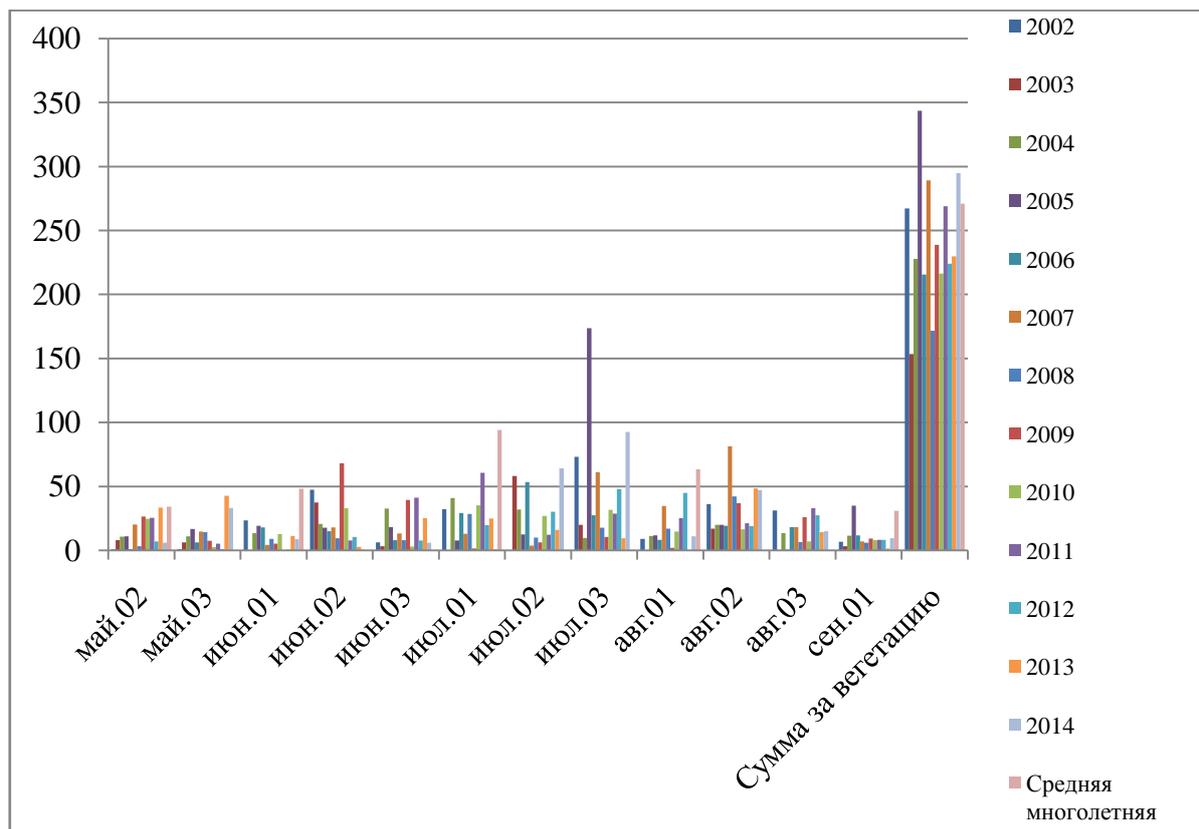


Рис. 2. Осадки по декадам вегетационного периода на Канском ГСУ в 2002–2014 гг., мм

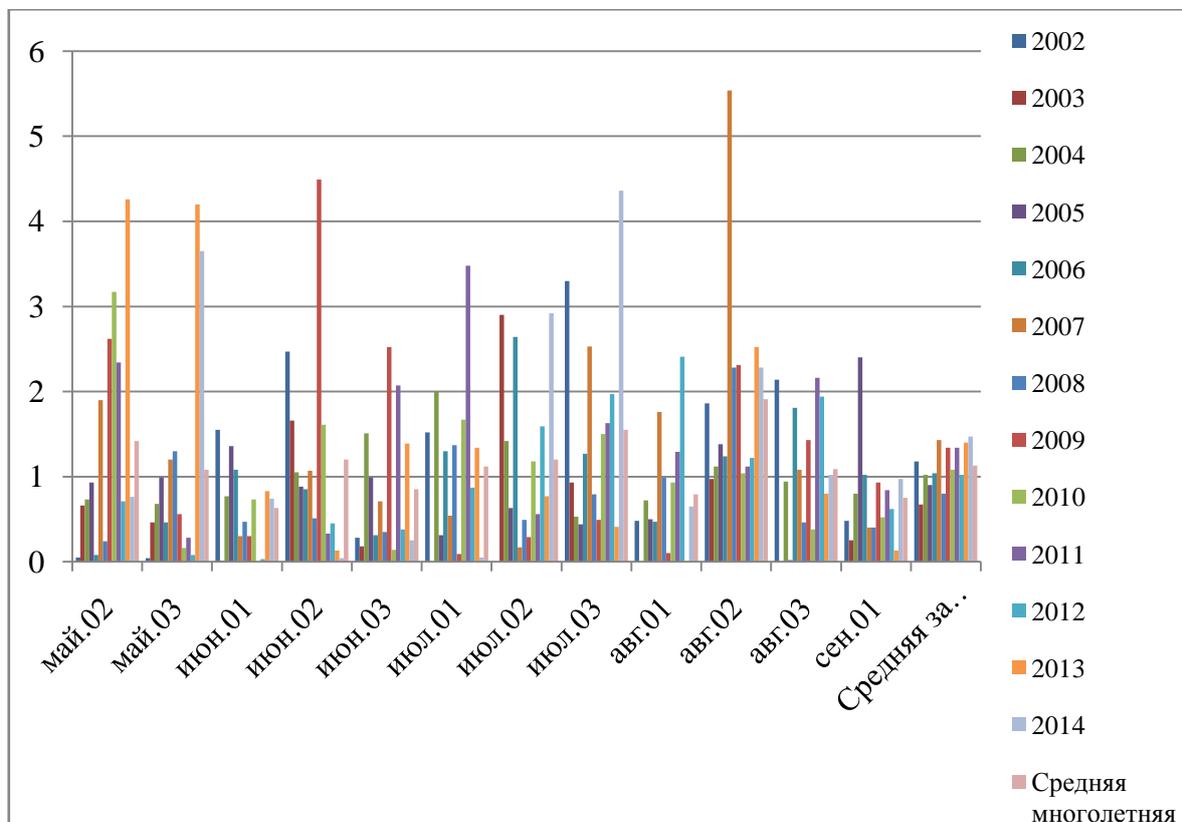


Рис. 3. Гидротермический коэффициент вегетационного периода по декадам на Канском ГСУ (2002–2014 гг.)

**Корреляционная зависимость урожайности сортов ячменя  
от температурного режима по декадам**

Сорт	Июнь	Июль		Август		Сентябрь	Ошибка
	1	1	3	1	2	1	
Биом (ст.)	-0,199	-0,412*	-0,223	-0,188	0,430*	-0,424*	0,214
Абалак	-0,626*	-0,537*	-0,378	0,025	0,679*	-0,488*	0,179
Вибке	-0,693*	-0,632*	-0,334	0,726*	0,659*	-0,421*	0,317
Вулкан	0,027	-0,564*	-0,293	-0,006	0,487*	-0,217	0,019
Омский 96	-0,458*	-0,402*	0,034	0,612*	-0,377	-0,739*	0,237
Ача (ст.)	-0,048	-0,452*	-0,560*	-0,323	0,592*	-0,525*	0,093
Арат	-0,270	-0,624*	-0,418*	0,581*	0,681*	-0,642*	0,299
Бахус	0,467*	-0,503*	-0,545*	-0,191	0,436*	-0,476*	0,156
Буян	-0,543*	-0,802*	-0,465*	0,323	0,945*	-0,720*	0,243
Владук	-0,287	-0,994*	-0,729*	0,692*	0,682*	-0,690*	0,210
Зенит	0,662*	-0,741*	-0,551*	0,737*	0,619*	-0,697*	0,198
Кедр	0,182	-0,569*	-0,688*	-0,291	0,435*	-0,394	0,103
Красноярский 80	0,463*	-0,435	-0,486*	-0,145	0,549*	-0,441*	0,122
Оленёк	-0,484*	-0,724*	-0,697*	-0,183	0,666*	-0,645*	0,227
Омский 95	0,163	-0,639*	-0,526*	0,594*	0,300	-0,685*	0,187
Соболёк	0,091	-0,365	-0,515*	-0,273	0,650*	-0,392	0,174
Т 12	-0,522*	-0,599*	0,037	0,671*	-0,292	-0,590*	0,243
Татум	-0,038	-0,590*	-0,577*	0,592*	0,904*	-0,618*	0,256
Тулеевский	0,429*	-0,562*	-0,450*	0,599*	0,565*	-0,699*	0,239
Оскар (ст.)	-0,235	-0,548*	-0,497*	-0,154	0,479*	-0,646*	0,137
Омский голозёрный 1	-0,194	-0,706*	-0,351	0,746*	0,660*	-0,652*	0,099
Омский голозёрный 2	-0,515*	-0,572*	0,241	0,745*	0,566*	-0,599*	0,151

\* Достоверно при  $t_{05}$ .

При увеличении количества осадков 3-й декады мая, в 3-й декаде июня, а также во 2-й и 3-й декадах августа урожайность ячменя возрастает. А в 1–2-й декадах июня, во 2–3-й декадах июля, в 1-й декаде августа и сентября урожайность снижается (табл. 2).

**Корреляционная зависимость урожайности сортов ячменя  
от влагообеспеченности по декадам**

Сорт	Май	Июнь	Июль	Август			Ошибка
	3	3	3	1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7	8
Биом (ст.)	0,488*	0,210	-0,539*	-0,151	0,371	0,502*	0,096
Абалак	0,606*	0,425*	-0,220	-0,661*	0,568*	-0,554*	0,151
Вибке	0,526*	0,655*	-0,685*	-0,672*	0,515*	-0,560*	0,121
Вулкан	0,267	0,337	-0,485*	-0,660*	-0,005	0,065	0,041
Омский 96	-0,083	0,673*	-0,411*	-0,395	0,265	0,561*	0,117
Ача (ст.)	0,134	0,205	-0,362	-0,448*	0,094	0,252	0,051

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Арат	0,639*	0,724*	-0,719*	-0,468*	0,671*	0,364	0,130
Бахус	-0,334	0,339	-0,616*	-0,275	0,048	0,412*	0,098
Буян	0,748*	0,587*	-0,016	-0,527*	0,544*	-0,007	0,174
Владук	0,476*	0,628*	-0,596*	-0,657*	0,459*	-0,119	0,159
Зенит	0,665*	0,631*	-0,182	0,303	0,599*	0,634*	0,133
Кедр	-0,245	0,474*	-0,480*	-0,485*	-0,133	0,214	0,105
Красноярский 80	-0,128	0,335	-0,517*	-0,336	-0,024	0,298	0,091
Оленёк	0,558*	0,431*	0,103	-0,572*	0,578*	-0,318	0,107
Омский 95	0,067	0,581*	-0,383	-0,219	0,204	0,619*	0,088
Соболёк	0,146	0,061	-0,293	-0,286	-0,005	0,182	0,097
Т 12	0,108	0,597*	-0,569*	-0,642*	0,497*	0,578*	0,092
Татум	0,241	0,592*	-0,620*	-0,570*	0,223	0,133	0,116
Тулеевский	0,671*	0,600*	-0,566*	-0,007	0,646*	0,577*	0,132
Оскар (ст.)	0,368	0,546*	-0,311	-0,325	0,053	0,641*	0,085
Омский голозёрный 1	0,538*	0,714*	-0,198	-0,330	0,512*	0,417*	0,097
Омский голозёрный 2	0,568*	0,481*	-0,062	-0,549*	0,731*	0,368	0,091

\* Достоверно при  $t_{05}$ .

При увеличении гидротермического коэффициента (ГТК) в 3-й декаде мая и июня, во 2-й и, отчасти, 3-й декадах августа урожайность сортов ячменя возрастала в исследуемом периоде. Сильная степень связи между урожайностью и гидротермическим коэффициентом в 3-ю декаду мая отмечается во всех группах спелости. В раннеспелой группе – у сорта Абалак, в среднеспелой – у Тулеевского, в группе голозёрных сортов – у Омского голозёрного 2. Сильная положительная зависимость урожайности от ГТК в 3-й декаде июня наблюдается в раннеспелой и среднеспелой группах. В раннеспелой группе – у Вибке, Омского 96, в среднеспелой группе – у Зенита и Омского 95 (см. табл. 3).

2-я декада августа характеризуется наличием прямой корреляционной зависимости урожайности от гидротермического коэффициента сильной степени у сортов всех изучаемых групп спелости. В раннеспелой группе такими сортами являются Абалак и Вибке, в среднеспелой группе – Буян и Т 12, в группе голозёрного ячменя – Омский голозёрный 2. В 1–2-й декадах июня, во 2–3-й декадах июля и в 1-й декаде августа, наоборот урожайность снижалась (табл. 3).

Таблица 3

**Корреляционная зависимость урожайности сортов ячменя от гидротермического коэффициента (ГТК)**

Сорт	Май	Июнь		Июль	Август		Ошибка
	3	2	3	2	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8
Биом (ст.)	0,541*	-0,193	0,190	0,243	-0,153	0,261	0,056
Абалак	0,766*	-0,605*	0,452*	-0,151	-0,570*	0,710*	0,096
Вибке	0,597*	-0,652*	0,720*	-0,653*	-0,578*	0,728*	0,154
Вулкан	0,254	0,207	0,343	-0,125	-0,668*	-0,111	0,105
Омский 96	-0,145	0,647*	0,685*	-0,378	-0,451*	0,427*	0,134
Ача (ст.)	0,199	0,268	0,204	0,368	-0,437*	-0,019	0,054
Арат	0,606*	-0,553*	0,550*	-0,675*	-0,540*	0,579*	0,142
Бахус	-0,265	0,365	0,351	0,248	-0,288	0,008	0,099

1	2	3	4	5	6	7	8
Буян	0,721*	-0,603*	0,594*	-0,035	-0,573*	0,672*	0,126
Владук	0,432*	-0,706*	0,658*	-0,697*	-0,575*	0,333	0,164
Зенит	0,628*	-0,687*	0,733*	-0,630*	0,194	0,407*	0,173
Кедр	-0,312	0,346	0,435*	0,172	-0,477*	-0,152	0,155
Красноярский 80	-0,074	0,193	0,312	0,254	-0,350	-0,090	0,097
Оленёк	0,544*	-0,757*	0,417*	0,046	-0,779*	0,457*	0,157
Омский 95	-0,068	0,381	0,967*	-0,598*	-0,307	0,220	0,114
Соболёк	0,212	-0,048	0,025	0,466*	-0,276	-0,118	0,093
Т 12	0,023	0,594*	0,694*	-0,603*	-0,668*	0,673*	0,157
Татум	0,193	-0,507*	0,599*	-0,684*	-0,593*	0,087	0,165
Тулеевский	0,698*	0,170	0,574*	-0,640*	-0,175	0,507*	0,124
Оскар (ст.)	0,393	0,008	0,507*	0,331	-0,335	-0,040	0,106
Омский голозёрный 1	0,491*	-0,207	0,645*	-0,240	-0,397	0,444*	0,087
Омский голозёрный 2	0,731*	-0,164	0,475*	0,017	-0,641*	0,690*	0,130

\* Достоверно при  $t_{05}$ .

### Выводы

1. Выявлено влияние абиотических факторов на урожайность рассматриваемой культуры в лесостепи Приенисейской Сибири. Урожайность сортов ячменя повышается:

- при увеличении суммы температур 1-й и 2-й декады августа;
- увеличении суммы осадков 3-й декады мая, 3-й декады июня, 2-й и 3-й декады августа;
- увеличении гидротермического коэффициента в 3-й декаде мая и июня, во 2-й и 3-й декадах августа.

2. Наиболее выраженное влияние температурного фактора на урожайность сортов ячменя было отмечено в 1-й декаде июня, в 1-й и 3-й декадах июля, 2-й декаде августа и 1-й декаде сентября. В 1-й декаде июня, 1-й и 3-й декадах июля, а также в 1-й декаде сентября его влияние на урожайность было отрицательным (урожайность уменьшается при росте температуры воздуха); во 2-й декаде августа – только положительным (урожайность увеличивается в той же ситуации).

3. Наиболее выраженным влияние осадков на урожайность сортов ячменя было во 2-й, 3-й декаде мая, в 1-й и 3-й декадах июня, во 2-й и 3-й декадах июля, в 1-й декаде августа и сентября. Во 2-й, 3-й декадах мая и в 3-й декаде июня, во 2-й, 3-й декадах августа (положительное – урожайность увеличивается при увеличении количества осадков); в 1-й декаде июня, во 2-й и 3-й декадах июля, а также в 1-й декаде августа и сентября оно было только отрицательным (урожайность уменьшается в той же ситуации).

4. Наиболее выраженным влияние ГТК на урожайность сортов ячменя было в 3-й декаде мая, июня, во 2-й и 3-й декадах июля, 1-й, 2-й и 3-й декадах августа и 1-й декаде сентября. В 3-й декаде мая, июня, во 2-й и 3-й декадах августа влияние ГТК на урожайность было положительным (она увеличивалась при росте гидротермического коэффициента). Во 2-й и 3-й декадах июля, в 1-й декаде августа и сентября оно было только отрицательным (урожайность уменьшается при росте ГТК).

### Литература

1. Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И., Янова М.А. Яровой ячмень в Восточной Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2014. – 372 с.

2. Байкалова Л.П. Серые хлеба в Восточной Сибири. – М., 2013. – 300 с.
3. Косяненко Л.П. Агроэкологическое обоснование повышения адаптивного потенциала плёнчатых и голозёрных серых хлебов в Приенисейской Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Красноярск, 2008. – 342 с.
4. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. – М.: Колос, 1985. – С. 50–58.
5. Снедекор Д.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 503 с.
6. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2004. – 162 с.

#### Literatura

1. *Baikalova L.P., Serebrennikov Yu.I., Yanova M.A.* Yarovoy yachmen' v Vostochnoy Sibiri. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGAU, 2014. – 372 s.
2. *Baikalova L.P.* Serye hleba v Vostochnoy Sibiri. – M., 2013. – 300 s.
3. *Kosyanenko L.P.* Agroekologicheskoe obosnovanie povysheniya adaptivnogo potenciala plynchatykh i golozyornyyh seryh hlebov v Prienisejskoy Sibiri: dis. ... d-ra s.-h. nauk. – Krasnoyarsk, 2008. – 342 s.
4. *Fedin M.A.* Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaystvennykh kul'tur. Obshchaya chast'. – M.: Kolos, 1985. – S. 50–58.
5. *Snedekor D.U.* Statisticheskie metody v primenenii k issledovaniyam v sel'skom hozyajstve i biologii. – M.: Sel'hozizdat, 1961. – 503 s.
6. *Sorokin O.D.* Prikladnaya statistika na komp'yutere. – Novosibirsk: Izd-vo NGAU, 2004. – 162 s.

