

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН



2015 * № 4

Электронный журнал
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© Г.Н. Сандакова, В.И. Елисеев, 2015

УДК: 633.112.1"321":631.559:551.58:001.891 (470.56)

Г.Н. Сандакова, В.И. Елисеев

ОЦЕНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Оренбург, Россия

Цель. Выявить наиболее оптимальные параметры погодных факторов, способствующие формированию высокой урожайности яровой твердой пшеницы в степной зоне Оренбургской области.

Материалы и методы. Многолетние (1974-2013 гг.) экспериментальные данные по урожайности яровой твердой пшеницы и агрометеорологические данные за тот же период времени. Оценка связи урожайности с погодными факторами осуществлена методом нелинейного корреляционного и множественного регрессионного анализов на ПЭВМ с помощью прикладных программ Excel и Statistika.

Результаты. В статье приведены экспериментальные данные по урожайности яровой твердой пшеницы, полученные в стационарном опыте за 1974-2013 гг. на почвах чернозема обыкновенного степной зоны. Получены математические регрессионные модели влияния погодных факторов на урожайность. Выявлены количественные значения погодных факторов, определяющие формирование высокой урожайности твердой пшеницы.

Заключение. Разработанные регрессионные модели влияния погодных факторов на урожайность могут быть применены на практике для прогноза урожайности твердой пшеницы в засушливых условиях Оренбургской области.

Ключевые слова: твердая пшеница, урожайность, погода, осадки, прогноз, регрессионная модель.

G.N. Sandakova, V.I. Eliseev

ASSESSMENT OF AGROMETEOROLOGICAL FACTORS USING THE METHODS OF MATHEMATICAL MODELING FOR THE FORMATION OF A CROP OF SPRING WHEAT IN THE STEPPE ZONE OF ORENBURG REGION

Orenburg Scientific Research Institute of Agriculture, Orenburg, Russia

Objective. To identify the optimal parameters of weather factors that contribute to efficiency and that are contributing to the formation of high yield of spring wheat in the steppe zone of Orenburg region.

Materials and methods. Long-term (1974-2013 years) experimental data on the yield of spring durum wheat and agro-meteorological data for the same period of time. The relationship of yield to weather factors made by the method of nonlinear correlation and multiple regression analysis on the PC with the help of applied programs Excel and Statistika.

Results. The article presents experimental data on the yields of spring wheat obtained in stationary experiment for the period 1974-2013, the ordinary Chernozem soils of steppe zone of the region. The mathematical regress the innovative models of the effect of weather factors on yield. Quantitative values of the weather factors determining the formation of a high yield solid-DOI wheat.

Conclusion. Developed regression models of the effect of weather factors on yield can be applied in practice to predict the yield of hard wheat in arid conditions of the Orenburg region.

Keywords: durum wheat, yield, weather, precipitation, expectation, regression model.

Введение

В степной зоне Оренбургской области яровая твердая пшеница является важной продовольственной, экономически ценной культурой, площади посева которой в 1966-1970 гг. составляли 910 тыс. га [1]. Регион не только полностью удовлетворял свои потребности в этом незаменимом сырье для производства высококачественных макаронных и кондитерских изделий, крупы и продуктов детского питания, но и являлся поставщиком зерна и продуктов его переработки в другие субъекты Российской Федерации, имеющие слабо развитое зерновое производство с низким качеством продукции.

Современное состояние производства твердой пшеницы в области характеризуется сокращением посевных площадей данной культуры. Одной из основных причин сокращения посевов твердой пшеницы в Оренбуржье является более высокая требовательность данной культуры к условиям выращивания. Основными лимитирующими факторами в степной зоне области являются недостаток влаги в почве, высокий температурный режим и засухеи с нарастающим их напряжением уже к фазе колошения.

Для повышения стабильности производства твердой пшеницы и эффективности внедряемых агротехнических мероприятий необходим учет особенностей погоды данной территории, изучение влияния её на урожайность, выявление наиболее оптимальных параметров погодных факторов, способствующих формированию высокой урожайности данной культуры.

Проблема влияния агрометеорологических условий степной зоны области на формирование урожайности яровой твердой пшеницы находится в центре внимания Оренбургских ученых [2, 3] и требует дальнейшего изучения.

Цель настоящего исследования – выявление наиболее оптимальных параметров погодных факторов, способствующих формированию высокой урожайности яровой твердой пшеницы в степной зоне Оренбургской области.

Материалы и методы

Работа базировалась на многолетних (1974-2013 гг.) экспериментальных данных по урожайности, полученных в стационарном опыте на почвах чернозема обыкновенного центральной засушливой степной зоны Оренбургской области, и агрометеорологических данных Оренбургского областного центра по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за тот же период времени.

Объектом исследования служила яровая твердая пшеница. Наблюдения

и учеты выполнены по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4]. Математическая обработка урожайных данных проведена по Б.А. Доспехову [5]. Поскольку в схему опыта входили варианты с различными дозами удобрений, чтобы исключить их влияние, урожайные данные были взяты из варианта – контроль (без удобрений). Связь урожайности с погодными факторами осуществляли методом нелинейного корреляционного и множественного регрессионного анализов на ПЭВМ с помощью прикладных программ Excel и Statistika.

Результаты и обсуждение

Формирование урожайности яровой твердой пшеницы в центральной зоне области в основном проходило в засушливых – 28% лет (ГТК=0,71) и очень засушливых - 48% лет (ГТК=0,41) условиях. Колебания погоды привели к высокой вариабельности ($V=44,3\%$) урожайности по годам, при среднемноголетнем её значении $13,0 \pm 5,76$ ц с 1 га урожайность изменялась от 2,3 ц с 1 га в крайне засушливом 2010 г. (ГТК=0,16) до 27,4 ц с 1 га в засушливом 1978 г. (ГТК=0,73, запас влаги к севу 150 мм).

Очень сильная засуха наблюдалась в 1975, 1981, 1988, 1995, 1998 и 2010 годах (18% лет), урожайность в такие годы формировалась в пределах 2,3-5,4 ц с 1 га, а её снижение в сравнении с среднемноголетней составило 58-82% [6]. Сильная засуха наблюдалась в 1984, 1991, 2004, 2009 и 2013 годах (15% лет), урожайность в такие годы колебалась от 8,0 до 9,5 ц с 1 га, а её снижение составило 27-38%.

В годы очень сильных и сильных засух наблюдался повышенный температурный режим воздуха на протяжении всего периода вегетации. Средние и максимальные температуры в среднем за весь период вегетации в такие годы превысили среднемноголетние ($19,31 \pm 1,46$ и $27,10 \pm 2,89$ °С) и составили соответственно $21,13 \pm 1,49$ и $29,44 \pm 1,83$ °С, а в 2010 г. они повышались до $23,92$ и $35,72$ °С.

В связи с этим важно было оценить роль температуры в формировании урожайности, выявить ее параметры и найти величины, оптимальные для формирования высокой урожайности твердой пшеницы.

Поиск количественных связей урожайности с температурой методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа позволил получить математические (регрессионные) модели «температура - урожайность» яровой твердой пшеницы по периодам вегетации и в целом за период вегетации.

При рассмотрении связей урожайности со средней температурой воздуха установлено существование сильных зависимостей между этими факторами ($\eta_{yx}=0,925-0,980$), которые описываются уравнениями регрессии в 86 - 96% случаев. Анализ полученных зависимостей (табл. 1) позволил выявить, что максимальная урожайность (19,9-23,4 ц с 1 га) формируется при более низких средних температурах первого периода вегетации (посев-колошение) - 15,7⁰С, второго периода (колошение – полная спелость) – 17,4⁰С и в целом за период вегетации (посев-полная спелость) – 16,8⁰С.

Повышение средней температуры в первый период вегетации до 21,9⁰С, во второй период вегетации – до 26,7⁰С, и в целом за период вегетации – до 23,9⁰С способствует формированию минимальной урожайности 3,0; 2,4 и 4,6 ц с 1 га соответственно.

Результат моделированных связей показал, что урожайность яровой твердой пшеницы в 86-91% случаев находится в высокой степени зависимости ($\eta_{yx}=0,926-0,954$) от максимальных температур воздуха. Согласно полученным уравнениям удалось выявить, что максимальная урожайность (21,4-22,6 ц с 1 га) формируется при более низких максимальных температурах первого периода вегетации (посев-колошение) – 21,9⁰С, второго периода (колошение – полная спелость) – 23,7⁰С и в целом за период вегетации (посев-полная спелость) – 23,1⁰С. Повышение максимальной температуры в первый период вегетации до 34,4⁰С, во второй период вегетации – до 37,5⁰С и в целом за период вегетации – до 35,7⁰С способствует формированию минимальной урожайности 5,2; 7,2 и 9,6 ц с 1 га соответственно.

В годы (1994, 1978) с самой высокой урожайностью (20,2-27,4 ц с 1 га) средние температуры (16,81-17,06⁰С) и максимальные (23,08-23,70⁰С) были ниже среднемноголетних.

Основными источниками снабжения яровой твердой пшеницы влагой в степной зоне являются запасы почвенной влаги в метровом слое (зона основного расположения корневой системы) и осадки за период вегетации.

Статистическая обработка исходных данных показала, что за изученный период (33 года) запасы продуктивной влаги к севу составили в среднем 144±18,0 мм (V=13%) с колебаниями по годам от 109 (в 1996 г.) до 182 мм (в 2003 г.). В 16% лет запасы были очень хорошие (более 160 мм), в 58% лет – хорошие (160-130 мм) и в 26% лет – удовлетворительные (130-90 мм).

Таблица 1. Зависимость урожайности яровой твердой пшеницы от температурного режима периода вегетации в центральной зоне Оренбургской области (1974-2013 гг.)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин (M ± G)	Коэфф. вариации, V, %	η_{yx}	F	
					факт.	теор.
1	2	3	4	5	6	7
Посев-колошение						
1	средняя температура воздуха, °C (x_1)	<u>15,7-21,9</u> 18,1±1,5	8,5	-	-	-
2	урожайность, ц/ га (y_1)	<u>0,7-20,1</u> 13,0±4,6	35,8	0,925	6,69	2,26
$Y_1 = 160,164 - 50,926 * \text{Ln}(x_1) \pm 1,79$ ц/га, для 85,56% случаев						
3	максимальная температура воздуха, °C (x_2)	<u>21,9-34,4</u> 25,9±3,0	11,5	-	-	-
4	урожайность, ц/ га (y_2)	<u>4,3-19,9</u> 13,0±4,4	34,1	0,926	6,77	2,26
$Y_2 = 0,438 * \text{EXP}(85.019/x_2) \pm 1,70$ ц/га, для 85,73% случаев						
Колошение-полная спелость						
5	средняя температура воздуха, °C (x_3)	<u>17,4-26,7</u> 21,5 ±2,0	9,1	-	-	-
6	урожайность, ц/ га (y_3)	<u>3,3-18,9</u> 13,0±4,2	31,9	0,961	12,85	2,26
$Y_3 = 56,756 - 2,033x_3 \pm 1,16$ ц/га, для 92,48% случаев						
7	максимальная температура воздуха, °C (x_4)	<u>23,7-37,5</u> 29,3±3,1	10,4	-	-	-
8	урожайность, ц/ га (y_4)	<u>7,2-19,2</u> 13,0±4,2	32,0	0,926	6,56	2,29
$Y_4 = 129,901 - 6,671x_4 + 0,091 x_4^2 \pm 1,63$ ц/га, для 85,78% случаев						
Посев - полная спелость						
9	средняя температура воздуха, °C (x_5)	<u>16,8-23,9</u> 19,3±1,5	7,6	-	-	-
10	урожайность, ц/ га (y_5)	<u>5,5-21,5</u> 13,0±4,7	36,4	0,979	22,77	2,29
$Y_5 = 227,479 - 18,801x_5 + 0,396 x_5^2 \pm 1,00$ ц/га, для 95,90% случаев						
11	максимальная температура воздуха, °C (x_6)	<u>23,1-37,5</u> 27,1±2,9	10,7	-	-	-
12	урожайность, ц/ га (y_6)	<u>7,2-19,2</u> 13,0±4,2	34,7	0,954	10,31	2,29
$Y_6 = 214,222 - 13,006x_6^2 + 0,203 x_6^2 \pm 1,41$ ц/га, для 90,95% случаев						

В засушливые годы (1975, 1981, 1988, 2010) при недостаточном количестве осадков за период вегетации (19-41 мм или 16-34% среднемноголет-

них) хороший запас почвенной влаги к севу (135-159 мм) оказался единственным источником водоснабжения твердой пшеницы, однако снижение урожайности в эти годы составило 58-82%.

И, напротив, в годы с удовлетворительным запасом (109-124 мм) продуктивной влаги к севу (1989, 1996), но несколько большим количеством осадков (51-73 мм или 43-61% среднемноголетних) получена урожайность, на 5-6% превышающая среднемноголетнюю.

Осадков за период вегетации яровой твердой пшеницы (посев-полная спелость) в центральной зоне области выпадает в среднем 119 ± 63 мм ($V=53\%$) с колебаниями по годам от 19 (2010 г.) до 244 мм (1994 г.), которые составляют 30% годовых. Распределение осадков различно по фазам развития твердой пшеницы. Большая часть осадков – 76% общего количества осадков – приходится на первую половину вегетации (посев-колошение), когда происходит формирование репродуктивных органов, и меньшая часть – 43% – на период созревания зерна (колошение - полная спелость).

Однако, засухи, характерные для степной зоны области, приводят к быстрому истощению почвенных запасов влаги, особенно в корнеобитаемом слое почвы. Так, на начало июля месяца (период колошения пшеницы), среднемноголетний запас продуктивной влаги снижается до $68 \pm 34,2$ мм, а в 58% лет запас почвенной влаги ниже среднемноголетнего; в отдельные годы (1975, 1995 гг.) он составляет всего лишь 18-11 мм, и тогда наблюдается снижение урожайности на 58-75%.

В связи с этим важно было оценить вклад осадков и запасов продуктивной влаги в почве в обеспечение урожайности, выявить их параметры и найти величины, оптимальные для формирования высокой урожайности твердой пшеницы.

Поиск количественных связей урожайности с осадками методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа позволил получить математические (регрессионные) модели «осадки - урожайность» яровой твердой пшеницы по периодам вегетации и в целом за период вегетации.

Результат моделированных связей показал, что в первом периоде вегетации (посев-колошение) и в целом за период вегетации (посев-полная спелость) урожайность яровой твердой пшеницы находится в высокой степени зависимости ($\eta_{yx}=0,906-0,960$) от осадков, а полученные зависимости в 82-92% случаев описываются уравнениями регрессии. Во втором периоде веге-

тации (колошение - полная спелость) связь урожайности с осадками несколько ниже ($\eta_{yx}=0,780$), на долю осадков в данном случае выпадает 61% общей дисперсии, оставшаяся часть дисперсии приходится на другие факторы и ошибки измерения.

Результаты анализа моделированных связей позволили установить параметры осадков, наиболее существенно влияющие на формирование урожайности твердой пшеницы. Формированию теоретически высокой урожайности (16,6-17,8 ц с 1 га) яровой твердой пшеницы способствуют осадки первого периода вегетации (посев-колошение) в количестве 145 мм, второго периода вегетации (колошение-полная спелость) – 88 мм и в целом за период вегетации (посев-полная спелость) – 224 мм.

Выявлена высокая корреляционная зависимость ($\eta_{yx}=0,948$) урожайности с запасом продуктивной влаги в почве на период колошения твердой пшеницы (июль). Анализ уравнения регрессии позволил считать, что теоретически наибольшая урожайность (16,7 ц с 1 га) формируется в период колошения твердой пшеницы при запасах продуктивной влаги 107 мм. Не удалось выявить функциональной связи урожайности с запасом продуктивной влаги к севу, что свидетельствует о достаточном его количестве к севу и о том, что этот фактор не является лимитирующим.

За вегетацию (посев-полная спелость) яровая твердая пшеница располагает ресурсом суммарной влаги (сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков) в среднем $262 \pm 65,2$ мм ($V=25\%$) с колебаниями по годам от 160 (1998 г.) до 374 мм (1990 г.)

Получены регрессионные модели «суммарная влага - урожайность» яровой твердой пшеницы по периодам вегетации и в целом за период вегетации. Зависимость урожайности от суммарной влаги в первую половину вегетации (посев-колошение) и за весь период вегетации (посев-полная спелость) высокая ($\eta_{yx}=0,909-0,929$), полученные зависимости описываются уравнениями регрессии в 83-86% случаев. Во второй половине вегетации (колошение-полная спелость) связь урожайности с суммарной влагой менее тесная ($\eta_{yx}=0,798$), на долю суммарной влаги приходится 64% общей дисперсии.

Анализ полученных зависимостей позволил выявить, что максимальные значения урожайности (16,0-17,9 ц с 1 га) обеспечивает суммарная влага первого периода вегетации (посев-колошение) – 309 мм, второго периода (колошение – полная спелость) -237мм и в целом за период вегетации (посев-

полная спелость) – 374 мм.

Поскольку на формирование урожайности яровой твердой пшеницы оказывают влияние осадки, суммарная влага, температура воздуха, для описания их совместного влияния на урожайность был применен метод множественного регрессионного анализа.

Уравнение множественной регрессии, описывающее совместное влияние на урожайность температуры воздуха и осадков, показало наиболее тесную обратную связь урожайности в первый период вегетации (посев - колошение) со средней температурой воздуха ($\beta = -0,525$), и менее тесную положительную связь – с осадками ($\beta = 0,346$) (табл. 2).

Таблица 2. Регрессионные модели совместного влияния температуры воздуха и осадков на урожайность яровой твердой пшеницы в центральной зоне Оренбургской области (1974-2013 гг.)

Независимая переменная	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	T-значение	Уровень значимости	β -коэффициент
1	2	3	4	5	6
Посев-колошение					
свободный член	45,272	10,448	4,333	0,000	-
средняя температура воздуха, °C (x_1)	-1,971	0,534	-3,690	0,001	-0,525
осадки, мм (x_2)	0,044	0,018	2,428	0,022	0,346
$Y_1 = 45,272 - 1,971x_1 + 0,044x_2 \pm 3,861$ ц с 1 га Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 3,861, $R^2 = 0,681$; $F_{\text{отношение}} = 19,398$, $F_{0,05} = 2,98$					
Посев-полная спелость					
свободный член	33,423	8,250	4,051	0,000	-
максимальная температура воздуха, °C (x_3)	-0,926	0,273	-3,391	0,002	-0,425
осадки, мм (x_4)	0,039	0,013	3,149	0,004	0,432
$Y_2 = 33,423 - 0,926x_3 + 0,039x_4 \pm 3,795$ ц с 1 га Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 3,795, $R^2 = 0,695$; $F_{\text{отношение}} = 20,575$, $F_{0,05} = 2,98$					

С вероятностью 68% можно утверждать, что в первый период вегетации снижение средней температуры воздуха на 1°С и увеличение осадков на каждые 10 мм повышают урожайность на 1,97-0,44 ц с 1 га соответственно.

В целом за весь период вегетации (посев-полная спелость) с вероятностью 69% в равной степени наблюдается отрицательная связь урожайности с максимальной температурой воздуха ($\beta=-0,425$) и положительная – с осадками ($\beta=0,432$). Снижение максимальной температуры воздуха на 1°C и увеличение осадков на каждые 10 мм приводит к повышению урожайности на 0,93-0,39 ц с 1 га соответственно.

В июне месяце с вероятностью 62% в большей степени ($\beta=-0,425$) наблюдается отрицательная связь урожайности со средней температурой воздуха и менее тесная положительная связь ($\beta=0,380$) – с осадками. Снижение средней температуры воздуха на 1°C и увеличение осадков на каждые 10 мм приводит к повышению урожайности на 1,06-0,72 ц с 1 га соответственно.

Получены уравнения множественной регрессии, описывающие связь урожайности с температурой воздуха и суммарной влагой в первый период вегетации (посев-колошение) и в целом за весь период вегетации. В 61-68% случаев существует более тесная обратная связь урожайности со средней температурой воздуха и прямая связь с суммарной влагой.

Представляет интерес регрессионная модель, описывающая совместное влияние данных погодных факторов в разрезе периодов вегетации (посев-колошение – колошение-полная спелость).

Уравнение имеет вид: $Y = 36,198 + 0,042x_1 - 1,506x_2 \pm 3,903$ ц с 1 га;

$F_{\text{отношение}} = 18,689, F_{0,05} = 2,98$.

С вероятностью 67% можно утверждать, что существует прямая связь урожайности яровой твердой пшеницы с суммарной влагой (x_1) в первый период вегетации ($\beta=0,354$) и более тесная отрицательная связь со средней температурой (x_2) во второй период вегетации ($\beta=-0,514$).

Согласно уравнению, повышение суммарной влаги (сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение) на каждые 10 мм в первый период вегетации и снижение средней температуры на 1°C во второй период вегетации приводит к повышению урожайности на 0,42-1,51 ц с 1 га соответственно. Так, в 1978 и 1994 годах при суммарной влаге в первый период вегетации выше среднемноголетней (280 и 270 мм при среднемноголетней $220 \pm 48,6$ мм) и пониженной средней температуре воздуха во второй период вегетации ($19,8$ и $17,4^{\circ}\text{C}$ при среднемноголетней $21,5^{\circ}\text{C}$) получена высокая урожайность 27,4 и 20,2 ц с 1 га.

Заключение

Для повышения стабильности производства твердой пшеницы и эффективности внедряемых агротехнических мероприятий необходимо учитывать особенности погоды предстоящего сезона.

Разработанные регрессионные модели влияния погодных факторов на урожайность «температура - урожайность», «осадки - урожайность», «запасы продуктивной влаги на период колошения – урожайность», «суммарная влага - урожайность», «температура – осадки - урожайность» и «температура - суммарная влага - урожайность» могут быть применены на практике для прогноза урожайности яровой твердой пшеницы в засушливой степи Оренбургской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научное обоснование зон оптимального размещения производства и глубокой переработки высококачественного зерна яровой пшеницы в степи Южного Урала. Оренбург: ООО «Агенство «Пресса», 2012. 224 с.
2. Долгалева М. П., Тихонов В.Е. Адаптивная селекция яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье. Оренбург, 2005. 290 с.
3. Крючков А.Г. Основные принципы и методология агроэкологического районирования зерновых культур. М., Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2006. 704 с.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Колос, 1971. 239 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Руденко А.И. Типы засух вегетационного периода и их характеристика. Засухи в СССР, их повторяемость и влияние на урожай. Л.: Гидрометеиздат, 1958: 46-70.

Поступила 8.10.2015

(Контактная информация: Сандакова Галина Николаевна – к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник Оренбургского НИИ сельского хозяйства;

Елисеев Виктор Иванович – к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. комплексной аналитической лабораторией Оренбургского НИИ сельского хозяйства; адрес: 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел. (3632) 71-04-88; e-mail: orniish@mail.ru)

LITERATURA

1. Sandakova G.N., Krjuchkov A.G. Nauchnoe obosnovanie zon optimal'nogo razmeshhenija proizvodstva i glubokoj pererabotki vysokokachestvennogo zerna jarovoj pshenicicy v stepi Juzhnogo Urala. Orenburg: ООО «Агенство «Пресса», 2012. 224 с.
2. Dolgalev M. P., Tihonov V.E. Adaptivnaja selekcija jarovoj pshenicicy v Orenburgskom Priural'e. Orenburg, 2005. 290 s.
3. Krjuchkov A.G. Osnovnye principy i metodologija agrojekologicheskogo rajonirovanija zernovyh kul'tur. M., Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk, 2006. 704 s.
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. M.: Kolos, 1971. 239 s.

5. Dospelov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Rudenko A.I. Tipy zasuh vegetacionnogo perioda i ih harakteristika. Zasuhi v SSSR, ih povtorjaemost' i vlijanie na urozhaj. L.: Gidrometeoizdat, 1958: 46-70.

Образец ссылки на статью:

Сандакова Г.Н., Елисеев В.И. Оценка агрометеорологических факторов с помощью методов математического моделирования для формирования урожая яровой твердой пшеницы в условиях степной зоны Оренбургской области. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. 4: 1-11 [Электронный ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-4/Articles/MYN-2015-4.pdf>).