

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)



2014 * № 4

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

© А.Г. Крючков, 2014

УДК: 633.112.1 «321» (470.56):551.58:519.7 (075.8)

А.Г. Крючков

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛЕЙ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ ВЕГЕТАЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В СТЕПИ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Оренбург, Россия

Цель. Определение параметров модели действующих погодных факторов на продолжительность прохождения межфазных периодов вегетации яровой твердой пшеницы.

Материалы и методы. Результаты наблюдений и учетов в четырехлетних полевых опытах (1987-1990 гг.) на черноземе южном Нежинского опытного поля с 3 различными сортами (Оренбургская 10, Оренбургская 2, Харьковская 46) на 4 резко контрастных агрофонах продолжительности межфазных периодов и корреляционные связи их с действующими погодными факторами.

Результаты. Впервые выявлены корреляционные связи, описывающие зависимости продолжительности межфазных периодов роста и развития яровой твердой пшеницы от резко изменяющихся погодных факторов, приведены их параметры, показана степень их изменчивости и выявлены наиболее сильно действующие факторы на каждом этапе.

Заключение. Для более глубокого понимания потребностей растений их вероятных реакций на воздействие условий внешней среды и выработки необходимой стратегии и тактики в управлении жизнью растений при анализе данных полевых опытов требуется исследовать корреляционно-регрессионные связи и разрабатывать модели этих связей.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, погодные факторы, межфазные периоды, корреляционные отношения, вариабельность, параметры.

A.G. Kryuchkov

PARAMETERS OF THE MODEL OF WEATHER FACTORS AND THE DURATION OF THE INTERPHASE PERIOD VEGETATION HARD SPRING WHEAT IN THE SOUTHERN CHERNOZEM IN THE STEPPES OF ORENBURG PREDURALJA

Orenburg Research Institute of Agriculture, Orenburg, Russia

Aim. Determination of the model parameters of existing weather conditions on the duration of the passage of the interphase periods of the growing season of spring durum wheat.

Materials and Methods. Observations and surveys in 4-year field trials (1987-1990.) On the southern chernozem Nezhinsky experimental field with 3 different varieties (Orenburg 10, Orenburg 2, Kharkov 46) at 4 sharply contrasting soil fertility duration of the interphase periods and their connection with the current weather factors.

Results. In the paper first shows correlations describing the dependence of the duration of the interphase periods of growth and development of spring durum wheat from sharply changing weather conditions, given their parameters, shows the degree of variability and identified most strongly acting factors at each stage.

Conclusion. To better understand the needs of the plants of the likely reactions of the effects of environmental conditions and to develop the necessary strategy and tactics in the management of plant life in the analysis of data from field experiments required to investigate the correlation-regression model of communication and develop these ties.

Key words: spring hard wheat, weather factors, the interphase periods, the correlation relationship variability parameters.

Введение

Успешное применение принципов и методов управления продукционным процессом любой сельскохозяйственной культуры и, в частности, яровой твердой пшеницы немыслимо без знания ее биологических особенностей, реакции на изменения условий среды, параметров этой реакции, показателей погодных, почвенных, климатических факторов и применяемых агроприемов. В целом не имеет смысла говорить о точечном земледелии (точном, прецизионном – по определению академика А.А. Жученко [1]).

В связи с этим нами проводятся работы по выявлению связей биологических реакций растений яровой твердой, мягкой пшеницы и ячменя в процессе их роста и развития на изменяющиеся погодные факторы и применяемые технологические приемы, установлению параметров действия и отклика в виде математических уравнений [2, 3].

Получение знаний в этом плане открывает новые возможности не только в управлении жизненными процессами растений на сельскохозяйственном поле, но и пути создания новых более совершенных сортов сельскохозяйственных культур, программ мониторинга за их ростом и развитием и управления этими процессами.

Цель настоящего исследования – анализ влияния погодных факторов на продолжительность и изменчивость межфазных периодов яровой твердой пшеницы с разработкой моделей их прохождения на черноземе южном в условиях центра оренбургского Предуралья.

Материалы и методы

В качестве материалов для решения поставленных задач нами были привлечены результаты четырехлетних (1987-1990 гг.) полевых опытов [4] с 3 сортами яровой твердой пшеницы (Оренбургская 10, Оренбургская 2, Харьковская 46) на четырех резко контрастных агрофонах (черный пар без удобрений, черный пар + $N_{120}P_{120}K_{120}$, яровая мягкая пшеница – стерневой фон без удобрений, тоже + $N_{120}P_{120}K_{120}$).

Агротехника в опытах соответствовала рекомендованной для зоны. Условия лет были контрастными. Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову [5] в 1988 г. – 0,15 ед., в 1990 г. – 0,59 ед., в 1987 г. – 0,61 ед. и в 1989 г. – 0,98 ед. Эти годы в целом характерны для условий климата зоны.

Показатели погодных факторов по годам взяты по данным Гидроме-

теоцентра г. Оренбурга [6]. Запасы влаги в почве определены методом прямого взятия проб на глубинах до 1 м. Наблюдения и учеты – по данным полевого опыта.

Поиск зависимостей, нелинейный корреляционно-регрессионный анализ проведен по Б.А. Доспехову [7], на персональном компьютере с использованием программ Statgrafiks.

Результаты и обсуждение

Наблюдения за прохождением фенологических фаз роста и развития сортов яровой твердой пшеницы показали, что в условиях центра оренбургского Предуралья начало ее сева с учетом особенностей весны приходится на период с 27 апреля по 14 мая или на 58-75 день, считая с 1 марта по преобразованному календарю.

Всходы ее появляются 11-22 мая или на 72-83 день, считая с 1 марта. Отставание на 1 день от сорта Оренбургская 2 характерно для Оренбургской 10, а Харьковской 46 – на 2 дня в отдельные годы (1987 г.).

Фаза кущения наступает 23 мая – 1-3 июня, то есть на 84-95 день соответственно по сортам и начинается ее задержка на 1-2 дня по удобренному пару и стерневым фонам в сравнении с черным паром без удобрений.

Но выход в трубку Оренбургской 2 осуществляется независимо от агрофонов на 100-111 день, то есть 8-19 июня, Оренбургской 10 – 9-20 июня (101-112 день), а Харьковской 46 – на 101-111 день (9-19 июня).

Колошение сорта Оренбургская 2 приходится на 18-27 июня (110-119 день), Оренбургской 10 – на 19-29 июня (111-123-124 день) с опережением на 1 день на худших фонах в 1987 г.

Цветение сорта Оренбургской 2 приходится на 114-123 день (22 июня – 1 июля), Оренбургской 10 – на 115-123 день (23 июня – 4 июля) и Харьковской 46 – на 115-123-124 день (23 июня – 3-4 июля).

Молочной спелости зерно сорта Оренбургская 2 достигает на 129-140 день (7-8 июля), Оренбургской 10 – на 130-141 день (8-19 июля) и Харьковской 46 – на 129-139 и 141 день (7-17 и 19 июля). Наступление молочной спелости зерна сорта Харьковская 46 задерживается на 2 дня в посевах по черному пару без удобрений.

Зерна сорта Оренбургская 2 достигают восковой спелости на 141-155 день (19 июля-2 августа), Оренбургской 10 – на 141 -142-155 день (20 июля –

2 августа) и Харьковской 46 – на 141-156 день (19 июля – 3 августа).

Полная спелость зерна сорта Оренбургская 2 отмечается на 149-167 день (27 июля-14 августа), Оренбургской 10 – на 149-167 день (27 июля-14 августа) и Харьковской 46 – на 149-169 день (27 июля-16 августа).

Период: посев-всходы яровой твердой пшеницы сорта Оренбургская 10 продолжался в течение 6-14 дней, Оренбургской 10 – 6-14 дней и Харьковской 46 – от 8 до 14 дней.

Период от всходов до кущения Оренбургская 2 длился от 8 до 12 дней. При этом в течение 2 лет опытов он был наиболее коротким по пару без удобрений (8-9 дней), а по удобренному пару и стерневым фонам удлинялся на 1-2 дня. Сорт Оренбургская 10 проходил этот период за 8-13 дней. Отставание с наступлением фазы кущения у него на 1 день отмечено в течение 2 лет на стерневых фонах. Сорт Харьковская 46 завершал этот период за 8-14 дней. При этом фоны не отразились на длительности этого периода.

От кущения до выхода в трубку у сорта Оренбургская 2 проходило 16-22 дня. В 1988 г. наблюдалось сокращение этого периода с 19 дней по удобренному пару до 18-17 и 16 дней соответственно по удобренному пару и стерневым фонам. Сорт Оренбургская 10 проходил этот период за 16-22 дня. Ускорение его прохождения отмечено в 1988 г. по аналогии с Оренбургской 2 с ухудшением фона, на 1-2 дня. Сорт Харьковская 46 завершал этот период за 16-22 дня. Сокращение периода отмечено в 1988 г. на 1-3 дня последовательно по фонам в сравнении с паром без удобрений и в 1990 г. на стерневых фонах на 1 день.

Колошение сорта Оренбургская 2 наступало через 8-12 дней после выхода в трубку. В 1987 и 1988 годах оно наступало раньше на удобренном пару и по стерневым фонам, а в 1990 г., наоборот, позже на 2-1 день. Для Оренбургской 10 при общей продолжительности этого периода от 9 до 13 дней аналогичные отклонения характерны для 1988 и 1990 годов. Период: выход в трубку-колошение сорта Харьковская 46 завершался за 8-10 дней с отклонениями в 1 день по разным фонам в 1989 г.

Продолжительность периода: колошение – цветение сорта Оренбургская 2 составляет 3-5 дней; по пару в 1990 г. он затягивался до 5 дней, в остальные же годы был равен 4 дням. По сортам Оренбургская 10 и Харьковская 46 от колошения до цветения проходило от 2-3 до 4-5 дней в разные го-

ды. Он был короче в 1987 г.

Молочная спелость зерна Оренбургской 2 наступала через 13-16 дней, Оренбургской 10 – через 13-15 дней и Харьковской 46 – через 12-17 дней после цветения. При этом основную роль играли условия лет. Период от молочной до восковой спелости длился у Оренбургской 2 от 7 до 15 дней, Оренбургской 10 – от 6 до 14 дней и Харьковской 46 – от 7 до 17 дней. Полной спелости зерно Оренбургской 2 достигало через 8-15 дней, Оренбургской 10 – через 7-14 дней и Харьковской 46 – через 8-14 дней.

Длительность первого периода (посев-колошение) Оренбургской 2 составила 43-52 дня, Оренбургской – 10-53 дня и Харьковской – 46-53 дня.

Период от посева до полной спелости сорта Оренбургская 2 продолжался 82-102 дня, Оренбургской 10 – 84-98 дней и Харьковской 46 – 83-100 дней.

Полученные фактические данные не дают возможности дать ответ на вопросы: «Какие факторы (и каким образом) повлияли на прохождение растениями межфазных периодов и какова степень их влияния на сдвиг продолжительности периодов до наступления каждой очередной фазы?»

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что в каждом межфазном периоде его продолжительность находится в сильной зависимости от различных погодных факторов и на лидирующие позиции по силе воздействия могут выходить разные факторы.

Как видно из данных таблицы 1, продолжительность периода от посева до всходов находится в тесной связи с осадками ($\eta_{yx}=0,969$), максимальной температурой воздуха ($\eta_{yx}=0,964$), суммой температур воздуха ($\eta_{yx}=0,948$), запасом влаги в почве ($\eta_{yx}=0,924$) и среднесуточной температурой воздуха ($\eta_{yx}=0,921$). Остальные учтенные факторы имеют меньшую значимость.

Продолжительность периода от всходов до кущения определяется сильным воздействием также 5 факторов. Но на первое место выходит минимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,986$), затем следуют запас влаги в почве ($\eta_{yx}=0,964$), сумма температур воздуха ($\eta_{yx}=0,950$), осадки ($\eta_{yx}=0,928$) и среднесуточная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,925$).

В очередном периоде «кущение-выход в трубку» важнейшее влияние приобретают максимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,968$), сумма температур воздуха ($\eta_{yx}=0,964$) и осадки ($\eta_{yx}=0,951$); резко растет значимость суммы

дефицитов влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,931$) и суммарного испарения влаги ($\eta_{yx}=0,927$).

Таблица 1. Корреляционные отношения между показателями погодных факторов и продолжительностью межфазных периодов яровой твердой пшеницы в степи оренбургского Предуралья (Нежинское опытное поле, 1987-1990 гг.)

| Периоды | Корреляционные отношения (коэффициенты детерминации) между продолжительностью межфазных периодов и погодными факторами | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------|-----------|-----------|------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | $t_{cp.},$ °C | $\sum T,$ °C | t_{max} | t_{min} | Запас влаги к севу, мм | Осад- ки, мм | dW возду- ха, мм | $\sum dW$ возду- ха, мм | Суммар- ное испа- рение, мм |
| Посев-всходы | 0,921 | 0,948 | 0,914 | 0,798 | 0,924 | 0,969 | 0,831 | 0,623 | 0,774 |
| Всходы – кущение | 0,925 | 0,950 | 0,272 | 0,986 | 0,964 | 0,928 | 0,713 | 0,215 | 0,225 |
| Кущение – выход в трубку | 0,442 | 0,964 | 0,968 | 0,854 | 0,835 | 0,951 | 0,738 | 0,931 | 0,927 |
| Выход в трубку – колошение | 0,809 | 0,972 | 0,944 | 0,927 | 0,431 | 0,589 | 0,850 | 0,808 | 0,737 |
| Колошение – цветение | 0,396 | 0,920 | 0,483 | 0,674 | 0,902 | - | 0,787 | 0,389 | 0,448 |
| Цветение – мо- лочная спелость | 0,365 | 0,403 | 0,860 | 0,605 | 0,431 | 0,619 | 0,730 | 0,276 | 0,276 |
| Молочная – вос- ковая спелость | 0,974 | 0,956 | 0,698 | 0,799 | 0,860 | 0,761 | 0,974 | 0,422 | 0,421 |
| Восковая – пол- ная спелость | 0,954 | 0,974 | 0,664 | 0,895 | 0,566 | 0,464 | 0,841 | 0,911 | 0,910 |

Для периода «выход в трубку – колошение» наиболее важны сумма температур воздуха ($\eta_{yx}=0,972$), максимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,944$), минимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,927$) и среднесуточный дефицит влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,850$).

Длительность периода от колошения до цветения связана, главным образом, с двумя факторами: суммой температур воздуха ($\eta_{yx}=0,920$) и запасом влаги в почве ($\eta_{yx}=0,902$). Может иметь значение, хотя и меньшее, среднесуточный дефицит влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,787$).

В дальнейшем – от цветения до молочной спелости – напряженность связей продолжительности этого периода с погодными факторами ослабевает, что связано с реутилизацией веществ в наливающиеся зерновки. Тем не менее, среди сильно действующих факторов остаются максимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,860$) и среднесуточный дефицит влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,730$). В этот период могут иметь значение осадки ($\eta_{yx}=0,619$) и минимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,605$) в небольшом числе случаев.

Очередной межфазный период «молочная – восковая спелость» складывается напряженно под действием 4 сильно действующих факторов. На первое место выходят среднесуточная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,974$) и среднесуточный дефицит влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,974$), далее следуют сумма температур воздуха ($\eta_{yx}=0,956$) и запас влаги в почве ($\eta_{yx}=0,860$).

Достаточно сложным оказывается период от восковой до полной спелости зерна. На его продолжительности сильно отражается действие 6 факторов: сумма температур воздуха ($\eta_{yx}=0,974$), среднесуточная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,954$), сумма дефицитов влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,911$), суммарное испарение ($\eta_{yx}=0,910$), минимальная температура воздуха ($\eta_{yx}=0,895$) и среднесуточный дефицит влажности воздуха ($\eta_{yx}=0,841$).

Полученные данные свидетельствуют о неоднозначном проявлении действия отдельных факторов на длительность различных межфазных периодов роста и развития яровой твердой пшеницы. Поэтому следовало выявить величины изменчивости действующих факторов и ответной реакции растений на них в виде изменения продолжительности этих периодов.

По общеизвестной классификации степень варьирования величин до 10% ($V = < 10\%$) относится к категории слабой, от 10 до 20% – к средней и от 20 до 30% – к сильной.

Судя по нашим данным (табл. 2), показатели погодных факторов за межфазные периоды роста и развития яровой твердой пшеницы подвержены самому разнообразному варьированию (от 5,0 до 107,5%).

Ответные реакции яровой твердой пшеницы на подобное непостоянство погодных факторов выглядят более устойчивыми. Степень варьирования продолжительности ее межфазных периодов укладывается в пределы от 4,96 до 26,96 %.

Среди погодных факторов наибольшим варьированием в течение сезона отличаются осадки ($V=61,12 \div 107,46\%$), минимальная температура воздуха ($V=11,78 \div 66,94\%$), запас влаги в почве ($V=12,54 \div 101,1\%$), среднесуточный дефицит влажности воздуха ($V=16,6 \div 37,78\%$), сумма дефицитов влажности воздуха ($V=13,47 \div 42,63\%$), суммарное испарение ($V=13,47 \div 42,70\%$).

Наиболее постоянно проявляют себя максимальная температура воздуха ($V=5,0 \div 12,35\%$) и среднесуточная температура воздуха ($V = 8,79 \div 17,74\%$); сумма температур воздуха ($V = 16,96 \div 23,8\%$) изменяется в средней степени и близко к ней.

Таблица 2. Коэффициенты вариации продолжительности межфазных периодов роста и развития яровой твердой пшеницы при действии различных варьирующих погодных факторов (1987-1990 гг.), в %

| Межфазные периоды | Погодные факторы | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| | $t_{cp.},$ °C | $\sum T,$ °C | t_{max} | t_{min} | Запас вла- ги к севу, мм | Осад- ки, мм | dW возду- ха, мм | $\sum dW$ возду- ха, мм | Сум- марное испаре- ние, мм |
| Посев – всходы | <u>17,74*</u> | <u>19,34</u> | <u>5,0</u> | <u>66,94</u> | <u>61,12</u> | <u>12,52</u> | <u>30,42</u> | <u>20,41</u> | <u>20,58</u> |
| | 25,08 | 25,58 | 24,5 | 23,50 | 24,49 | 22,93 | 24,98 | 21,43 | 21,91 |
| Всходы – кущение | <u>9,43</u> | <u>20,38</u> | <u>6,08</u> | <u>55,12</u> | <u>123,45</u> | <u>37,84</u> | <u>33,53</u> | <u>36,96</u> | <u>36,96</u> |
| | 14,85 | 14,13 | 12,70 | 13,13 | 13,27 | 13,59 | 12,57 | 12,77 | 12,77 |
| Кущение – выход в трубку | <u>9,8</u> | <u>21,77</u> | <u>8,72</u> | <u>32,03</u> | <u>74,6</u> | <u>27,42</u> | <u>16,6</u> | <u>22,42</u> | <u>22,40</u> |
| | 11,8 | 11,79 | 11,84 | 11,80 | 11,70 | 12,19 | 8,7 | 11,88 | 11,85 |
| Выход в трубку – колошение | <u>12,48</u> | <u>22,79</u> | <u>11,88</u> | <u>11,78</u> | <u>98,23</u> | <u>13,19</u> | <u>36,43</u> | <u>42,63</u> | <u>42,70</u> |
| | 10,22 | 13,19 | 11,14 | 14,38 | 11,72 | 7,68 | 10,20 | 11,80 | 12,20 |
| Колошение – цветение | <u>13,87</u> | <u>22,52</u> | <u>12,35</u> | <u>21,3</u> | - | <u>91,1</u> | <u>36,07</u> | <u>37,29</u> | <u>38,34</u> |
| | 15,35 | 18,44 | 17,41 | 13,35 | - | 5,80 | 14,86 | 16,72 | 6,39 |
| Цветение - молочная спелость | <u>8,79</u> | <u>10,55</u> | <u>5,90</u> | <u>29,20</u> | <u>77,52</u> | <u>13,19</u> | <u>29,40</u> | <u>28,39</u> | <u>28,57</u> |
| | 6,11 | 4,97 | 5,77 | 5,86 | 5,10 | 7,68 | 5,92 | 4,96 | 4,96 |
| Молочная - восковая спелость | <u>10,58</u> | <u>16,96</u> | <u>7,82</u> | <u>26,15</u> | <u>107,46</u> | <u>61,65</u> | <u>29,62</u> | <u>13,47</u> | <u>13,47</u> |
| | 29,10 | 24,32 | 22,96 | 23,45 | 22,28 | 21,19 | 24,16 | 16,16 | 16,16 |
| Восковая – полная спелость | <u>9,55</u> | <u>23,8</u> | <u>9,80</u> | <u>24,60</u> | <u>70,37</u> | <u>84,27</u> | <u>37,70</u> | <u>30,74</u> | <u>30,74</u> |
| | 21,9 | 26,17 | 24,64 | 26,80 | 21,4 | 22,95 | 26,96 | 26,26 | 26,26 |

Примечание: *числитель – коэффициент вариации факторов, %; знаменатель - коэффициент вариации продолжительности периодов, %

Нами получен ряд уравнений, позволяющий рассчитывать продолжительность межфазных периодов в зависимости от каждого из изученных сильно действующих факторов. Однако эти уравнения могут быть использованы лишь при тех пределах факторов, которые взяты для расчетов. Поэтому они приведены в таблице 3, отражающей параметры этих факторов и продолжительность периодов.

При отклонении от них пользователь должен провести собственные расчеты для уточнения уравнений, пригодных в своих условиях.

Таблица 3. Параметры погодных условий и продолжительности межфазных периодов вегетации яровой твердой пшеницы в степи оренбургского Предуралья (1987-1990 гг., чернозем южный)

| Погодные условия | Параметры показателей по межфазным периодам | | | |
|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | посев- всходы | всходы- кущение | кущение-выход в трубку | выход в труб- ку-колошение |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | <u>12,2-18,8</u> 14,6±2,6 | <u>14,9-19,3</u> 16,56±1,56 | <u>16,0-21,5</u> 19,5±1,9 | <u>18,4-27,0</u> 22,6±2,8 |
| Продолжительность периода, дней | <u>5,6-14</u> 10,6±2,7 | <u>8-13</u> 10,9±1,6 | <u>15,4-22,4</u> 17,8±2,1 | <u>8-12</u> 10,1±1,0 |
| Сумма температур воздуха, °С | <u>113,1-193,3</u> 149,5±28,9 | <u>119,5-230,9</u> 175,1±35,7 | <u>192,7-473,4</u> 343,1±74,7 | <u>147,2-341,1</u> 233,6±53,2 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-14</u> 10,7±2,7 | <u>8-12,8</u> 10,8±1,53 | <u>16-22,7</u> 17,6±2,1 | <u>8-12,8</u> 10,1±1,34 |
| Максимальная температура воздуха, °С | <u>23,8-27,0</u> 25,7±1,3 | <u>20,9-30,9</u> 28,1±1,69 | <u>31,1-38,8</u> 34,9±3,0 | <u>28,6-37,8</u> 33,3±4,0 |
| Продолжительность периода, дней | <u>5,6-14</u> 10,6±2,6 | <u>8,2-12,8</u> 10,8±1,37 | <u>16-22,2</u> 18,0±2,1 | <u>8-12</u> 10,1±1,13 |
| Минимальная температура воздуха, °С | <u>-0,3-12,1</u> 6,8±4,6 | <u>2,2-10,2</u> 5,4±2,96 | <u>4,7-9,8</u> 6,2±2,0 | <u>10,8-16,1</u> 13,6±1,6 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6,4-14</u> 10,7±2,5 | <u>8,2-12,6</u> 10,7±1,43 | <u>16-22,2</u> 18,0±2,1 | <u>7,2-11,8</u> 9,9±1,4 |
| Запас влаги в почве, мм | <u>132,4-189,8</u> 160,9±20,1 | <u>79,1-189,2</u> 110,9±41,9 | <u>78,9-160,8</u> 112,6±30,9 | <u>59-95,4</u> 73,5±9,7 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-13,6</u> 10,6±2,4 | <u>8,4-12,4</u> 10,8±1,5 | <u>16,9-22,0</u> 18,6±2,3 | <u>8-11,2</u> 9,9±0,76 |
| Осадки, мм | <u>0,60-19,6</u> 12,5±7,64 | <u>1,4-33,8</u> 9,1±11,3 | <u>3,3-25,4</u> 11,3±8,4 | <u>0,00-52,5</u> 18,6±18,2 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-14</u> 10,6±2,6 | <u>8,2-13,0</u> 10,7±1,4 | <u>16,2-22,4</u> 18,0±2,1 | <u>8,4-12,2</u> 10,0±1,17 |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | <u>5,2-11,4</u> 6,8±2,05 | <u>4,65-11,25</u> 6,68±2,24 | <u>7,9-14,0</u> 10,4±1,7 | <u>5,2-20,3</u> 11,6±4,2 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-14</u> 10,7±2,6 | <u>8,2-12,8</u> 10,8±1,4 | <u>15,8-21,2</u> 17,9±1,6 | <u>8-11,6</u> 10,1±1,0 |
| Сумма дефицитов влажности воздуха, мм | <u>52,5-90,0</u> 68,8±14,0 | <u>41,3-129,8</u> 72,8±26,9 | <u>126-238,5</u> 188,1±42,2 | <u>47,2-216,8</u> 120,9±51,6 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-14</u> 10,7±2,3 | <u>8,0-12,8</u> 10,75±1,37 | <u>16-23,0</u> 18,0±2,14 | <u>8-13,2</u> 10,0±1,19 |
| Суммарное испарение, мм | <u>34,1-58,5</u> 44,6±9,2 | <u>26,8-84,3</u> 47,4±17,5 | <u>81,9-155,0</u> 122,3±27,4 | <u>30,7-140,9</u> 78,5±33,5 |
| Продолжительность периода, дней | <u>6-14</u> 10,5±2,3 | <u>8,0-12,8</u> 10,8±1,37 | <u>16-23,0</u> 18,0±2,1 | <u>8-13,2</u> 10,0±1,22 |

Продолжение таблицы 3

| Погодные условия | Параметры показателей по межфазным периодам | | | |
|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | колошение-цветение | цветение-молочная спелость | молочная-восковая спелость | восковая-полная спелость |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | <u>17,8-28,6</u> 22,3±3,1 | <u>20,4-26,5</u> 22,5±1,9 | <u>19,3-25,7</u> 22,3±2,36 | <u>19-25,7</u> 22,4±2,1 |
| Продолжительность периода, дней | <u>1,8-5</u> 4±0,6 | <u>12,8-16,0</u> 14,3±0,87 | <u>7,0-16,2</u> 12,1±2,8 | <u>7,6-14</u> 10,7±2,4 |
| Сумма температур воздуха, °С | <u>35,6-142,4</u> 88,6±20,0 | <u>265,2-385,8</u> 226,3±34,4 | <u>153,3-295,3</u> 257,9±43,8 | <u>192,5-385,7</u> 257,6±61,3 |
| Продолжительность периода, дней | <u>1,8-5</u> 3,9±0,7 | <u>13-15,8</u> 14,2±0,71 | <u>6-16,2</u> 12±2,9 | <u>6,8-14,6</u> 10,7±2,8 |
| Максимальная температура воздуха, °С | <u>24,8-37,5</u> 30,4±3,75 | <u>31,3-36,9</u> 34±2,0 | <u>29,7-36,9</u> 33,3±2,6 | <u>29,2-39,4</u> 34,6±3,4 |
| Продолжительность периода, дней | <u>1,8-5,0</u> 4±0,69 | <u>13,2-16</u> 14,2±0,82 | <u>7,2-16</u> 12±2,8 | <u>7,4-14,4</u> 10,7±2,6 |
| Минимальная температура воздуха, °С | <u>8,6-18,3</u> 13,5±2,9 | <u>8,6-18,2</u> 13,2±3,85 | <u>8,4-17,8</u> 138±3,6 | <u>9,6-17,6</u> 12,3±3,0 |
| Продолжительность периода, дней | <u>2,8-5</u> 4±0,53 | <u>13-16,2</u> 14,2±0,84 | <u>7-16,2</u> 12±2,8 | <u>6,8-14,4</u> 10,7±2,9 |
| Запас влаги в почве, мм | <u>0,00-139,9</u> 46,3±46,8 | <u>59,0-95,4</u> 73,5±9,7 | <u>10,6-98,2</u> 44,6±27,5 | <u>0,00-64,2</u> 23,8±20,1 |
| Продолжительность периода, дней | <u>2,6-5,0</u> 4,0±0,63 | <u>8,2-11,2</u> 9,9±0,76 | <u>6,6-15,6</u> 12±2,5 | <u>7,6-14,5</u> 10,7±2,5 |
| Осадки, мм | - | <u>0,0-52,5</u> 243±18,8 | <u>0,00-51,3</u> 18,7±20,1 | <u>0,00-58,6</u> 26,2±18,4 |
| Продолжительность периода, дней | - | <u>12,6-15,8</u> 14,2±0,72 | <u>7-16,2</u> 12±2,7 | <u>6,8-14</u> 10,7±2,3 |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | <u>5,2-18,0</u> 10,9±3,9 | <u>7,4-16,2</u> 10,7±3,1 | <u>6-14,9</u> 9,9±2,9 | <u>7,2-16,5</u> 10,8±4,1 |
| Продолжительность периода, дней | <u>2,0-5,0</u> 4±0,69 | <u>12,8-16,2</u> 14,3±0,84 | <u>6,8-16,2</u> 12±2,9 | <u>6,8-14,8</u> 10,7±2,9 |
| Сумма дефицитов влажности воздуха, мм | <u>16,5-82,5</u> 43,7±16,3 | <u>111,8-230,2</u> 151,2±42,9 | <u>84,8-134,2</u> 110,5±14,9 | <u>51,8-151,5</u> 107,8±33,2 |
| Продолжительность периода, дней | <u>1,6-5</u> 4±0,66 | <u>12,6-15,4</u> 14,2±0,7 | <u>8-15,4</u> 12,1±2,0 | <u>7,2-15,2</u> 10,7±2,8 |
| Суммарное испарение, мм | <u>10,7-53,6</u> 28,6±11,0 | <u>60,9-149,7</u> 97,9±28,0 | <u>55,1-87,26</u> 71,8±9,7 | <u>33,6-98,3</u> 70±21,5 |
| Продолжительность периода, дней | <u>1,6-5</u> 4±0,65 | <u>13,2-15,4</u> 14,2±0,7 | <u>8-15,8</u> 12,1±2,0 | <u>7,2-15,2</u> 10,7±2,8 |

Выполненные нами расчеты по уравнениям позволили разработать модели параметров погодных факторов и показателей продолжительности периодов роста и развития яровой твердой пшеницы с учетом степени напряженности этих зависимостей (табл. 4).

Таблица 4. Модель продолжительности межфазных периодов вегетации яровой твердой пшеницы в условиях степи оренбургского Предуралья (Нежинское опытное поле, чернозем южный)

| Погодные факторы | Посев - всходы, дней | | | Всходы – кущение, дней | | |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | min | среднее | max | min | среднее | max |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Среднесуточная t, °С | <u>13,2*</u> 12,9 | <u>15,5</u> 10,8 | <u>18,8</u> 6,7 | <u>14,9</u> 7,6 | <u>17,6</u> 14,1 | <u>19,3</u> 14,5 |
| Сумма t воздуха, °С | <u>113,1</u> 6,7 | <u>153,2</u> 11,6 | <u>193,3</u> 13,9 | <u>119,5</u> 7,9 | <u>207,1</u> 12,2 | <u>230,9</u> 11,8 |
| Максимальная t воздуха, °С | <u>23,8</u> 12,4 | <u>24,9</u> 15,1 | <u>27,0</u> 6,5 | - | - | - |
| Минимальная t воздуха, °С | <u>-0,3</u> 12,0 | <u>5,8</u> 8,0 | <u>12,1</u> 12,9 | <u>2,2</u> 8,6 | - | <u>8,7</u> 12,6 |
| Запас влаги в почве, мм | <u>132,4</u> 7,5 | <u>161,1</u> 10,5 | <u>190</u> 14 | <u>49,1</u> 12,6 | - | <u>189,2</u> 7,9 |
| Осадки, мм | <u>0</u> 6,7 | <u>11,4</u> 13,8 | <u>19,6</u> 10,1 | <u>1,4</u> 9,1 | <u>5,8</u> 11,6 | <u>37,4</u> 12,4 |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | <u>5,2</u> 11,5 | <u>6,8</u> 11,7 | <u>11,4</u> 4,3 | - | - | - |
| Сумма dW воздуха, мм | <u>52,5</u> 10,2 | <u>64,2</u> 9,5 | <u>90,0</u> 13,3 | - | - | - |
| Суммарное испарение, мм | <u>34,1</u> 9,8 | <u>40,2</u> 9,2 | <u>58,5</u> 12,5 | - | - | - |
| Погодные факторы | Кущение-выход в трубку, дней | | | Выход в трубку - колошение, дней | | |
| | min | среднее | max | min | среднее | max |
| Среднесуточная t, °С | - | - | - | <u>18,4</u> 3,4 | <u>22,7</u> 10,8 | <u>27,0</u> 10,6 |
| Сумма t воздуха, °С | <u>273,0</u> 16 | - | <u>473,4</u> 22,6 | <u>147,2</u> 8,2 | - | <u>341,1</u> 13,2 |
| Максимальная t воздуха, °С | <u>32,6</u> 16,2 | - | <u>38,8</u> 21,2 | <u>28,6</u> 8,5 | <u>35,2</u> 11,3 | <u>37,8</u> 11,0 |
| Минимальная t воздуха, °С | - | - | - | <u>10,8</u> 8,4 | <u>14,2</u> 11,4 | <u>16,1</u> 9,2 |
| Запас влаги в почве, мм | - | - | - | - | - | - |
| Осадки, мм | <u>88</u> 16,7 | <u>8,8</u> 16,7 | <u>25,4</u> 16,7 | <u>1,4</u> 10,7 | - | <u>52,5</u> 8,7 |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | - | - | - | <u>5,2</u> 8,3 | <u>14,4</u> 10,9 | <u>20,3</u> 9,9 |
| Сумма dW воздуха, мм | - | - | <u>238,5</u> 21,1 | <u>47,2</u> 8,6 | - | <u>216,8</u> 11,6 |
| Суммарное испарение, мм | - | - | <u>155,0</u> 21,1 | <u>30,7</u> 8,5 | - | <u>140,9</u> 11,3 |
| Погодные факторы | Колошение - цветение, дней | | | Цветение – молочная спелость, дней | | |
| | min | среднее | max | min | среднее | max |
| Среднесуточная t, °С | - | - | - | - | - | - |
| Сумма t воздуха, °С | <u>35,6</u> 1,7 | - | <u>116,1</u> 4,4 | - | - | - |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Максимальная t воздуха, °C | - | - | - | <u>31,3</u> 15,4 | <u>34,9</u> 13,6 | <u>36,9</u> 14,3 |
| Минимальная t воздуха, °C | <u>18,3</u> 3,5 | <u>13,8</u> 4,3 | <u>9,6</u> 3,6 | <u>8,6</u> 15,2 | <u>12,2</u> 13,9 | <u>18,2</u> 13,5, |
| Запас влаги в почве, мм | <u>0</u> 3,2, | - | <u>139,3</u> 4,9 | <u>112,9</u> 15,9 | - | <u>42,4</u> 13,8, |
| Осадки, мм | - | - | - | <u>1,39</u> 13,7 | <u>26,5</u> 14,8, | <u>52,5</u> 13,8, |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | <u>5,2</u> 4,7 | - | <u>18,0</u> 3,6 | <u>7,4</u> 15,4 | - | <u>16,2</u> 13,8 |
| Сумма dW воздуха, мм | - | - | - | - | - | - |
| Суммарное испарение, мм | - | - | - | - | - | - |
| Погодные факторы | Молочная – восковая спелость, дней | | | Восковая – полная спелость, дней | | |
| | min | среднее | max | min | среднее | max |
| Среднесуточная t, °C | <u>19,3</u> 15,0 | - | <u>25,7</u> 7,7 | <u>19,0</u> 13,4 | <u>23,3</u> 9,8 | <u>25,7</u> 10,8 |
| Сумма t воздуха, °C | <u>153,3</u> 6,0 | - | <u>295,3</u> 14,7 | <u>192,5</u> 6,6 | - | <u>342,4</u> 14,5 |
| Максимальная t воздуха, °C | <u>29,7</u> 16,1 | <u>34,6</u> 10,3 | <u>36,9</u> 19,3 | - | - | - |
| Минимальная t воздуха, °C | <u>8,4</u> 15,3 | - | <u>17,8</u> 10,1 | - | - | - |
| Запас влаги в почве, мм | <u>10,6</u> 8,2 | - | <u>98,2</u> 15,2 | - | - | - |
| Осадки, мм | <u>0</u> 10,1 | - | <u>51,3</u> 15,4 | <u>0</u> 9,5 | <u>26,6</u> 11,8 | <u>53,6</u> 8,4 |
| Среднесуточный dW воздуха, мм | <u>6,0</u> 15,2 | - | <u>14,4</u> 7,3 | - | - | - |
| Сумма dW воздуха, мм | - | - | - | <u>51,3</u> 14,0 | <u>101,4</u> 7,8 | <u>151,3</u> 14,3 |
| Суммарное испарение, мм | - | - | - | <u>39,6</u> 14,2 | <u>65,8</u> 7,8 | <u>58,3</u> 17,2 |

Примечание: * в числителе – значения фактора, в единицах измерения; в знаменателе – продолжительность периода, в днях.

Судя по данным этой таблицы продолжительность периода «посев – всходы» удлиняется от 6,7 до 14,0 дней по мере увеличения суммы температур воздуха со 113,1 до 193,3 °C, запасов влаги к севу со 132,4 до 190,0 мм и количества осадков от 0 до 11,4 мм. Сокращение периода с 12,9; 12,4, 11,5 и 13,8 дня до 6,7; 6,5; 4,3 и 10,1 дня вызывается повышением соответственно среднесуточной температуры воздуха с 12,2⁰ до 18,8⁰C, максимальной температуры с 24,9⁰ до 27,0⁰C, среднесуточного дефицита влажности воздуха с 5,2 до 11,4 мм и осадков с 11,4 до 19,6 мм.

Период «всходы – кущение» увеличивается с 7,6; 7,9; 8,6 и 9,1 до 14,1; 12,2; 12,6 и 12,4 дня соответственно при повышении среднесуточной температуры воздуха с 14,9 до 17,6⁰С, суммы температур воздуха со 119,5 до 207,1⁰С, минимальной температуры с 2,2⁰ до 8,7⁰С и количества осадков с 9,1 до 12,4 мм. Ускоряется прохождение этого периода с 12,6 до 7,9 дня по мере повышения запасов влаги в почве с 49,1 до 189,2 мм.

На этапе от кущения до выхода в трубку заметному удлинению периода с 16,0; 16,2; 15,9 и 15,9 до 22,6; 21,2; 21,1 и 21,1 дня способствует увеличение суммы температур воздуха с 27,3⁰ до 473,4⁰С; максимальной температуры с 32,6⁰ до 38,8⁰С; суммы дефицитов влажности воздуха со 155,3 до 238,5 мм и суммарного испарения со 101,3 до 155 мм. И лишь увеличение количества осадков с 3,3 мм до 8,8 мм и более способствует сокращению периода с 21,4 до 16,7 дня.

На увеличение длительности периода от выхода в трубку до колошения однозначно влияют сумма температур воздуха, максимальная температура, сумма дефицитов влажности воздуха и суммарное испарение: их повышение со 147,3 до 341,1⁰С; с 28,6 до 35,2⁰С; с 47,2 до 216,0 мм и с 30,7 до 140,9 мм сопровождается затягиванием этого периода соответственно с 8,2; 8,5; 8,6 и 8,5 до 13,2; 11,3; 11,6 и 11,3 дня. Часть факторов – минимальная температура и дефицит влажности воздуха – первоначально, по мере увеличения значений с 10,8 до 14,2⁰С и с 5,2 до 14,4 мм, способствует удлинению периода с 8,4; 8,3 до 11,4 и 10,9 дня, а в дальнейшем – при 16,1⁰С и 20,3 мм – вновь вызывают его сокращение до 9,2 и 9,9 дня. Однонаправлено сокращение этого периода происходит с 10,7 до 8,7 дня при выпадении от 0 до 52,5 мм осадков.

Цветение яровой твердой пшеницы задерживается после выколашивания с 1,7 до 4,4 дня, с 3,2 до 4,9 дня под действием роста суммы температур воздуха с 35,6⁰ до 116,1⁰С, и запасов влаги в почве с 0 до 139,3 мм соответственно. Повышение среднесуточного дефицита влажности воздуха с 5,2 до 18,0 мм сокращает период с 4,7 до 3,6 дня, а понижение минимальной температуры воздуха с 18,3⁰ до 13,8⁰ и 9,6⁰С вначале увеличивает его с 3,5 до 4,3 дня, а затем вновь сокращает до 3,6 дня.

В период от цветения до молочной спелости не наблюдается резких колебаний продолжительности периода. Тем не менее, он может сокращаться с 15,9 и 15,4 до 13,8 и 13,8 дня при снижении запасов влаги в почве со 112,9 до

42,4 мм и увеличении дефицита влажности воздуха с 7,4 до 16,2 мм соответственно. Сокращению его с 15,2 до 13,9 дня способствует повышение минимальной температуры с 8,6 до 12,2 и 18,2⁰С. При повышении максимальной температуры от 31,3⁰ до 34,9⁰ и 36,9⁰С период колеблется от 15,4 до 13,6 и 14,3 дня.

По завершению периода передачи пластических веществ в зерновки и до наступления восковой спелости зерна на его продолжительности проявляется резкое действие многих факторов.

Увеличению продолжительности этого периода с 6,0; 8,2 и 10,1 дня до 14,7; 15,2 и 15,4 дня способствует повышение суммы температур воздуха со 153,3 до 293,3⁰С, запасов влаги в почве от 10,6 до 98,2 мм и количества осадков с 0 до 51,3 мм соответственно. Сокращается он с 15,0; 15,3 и 15,2 до 7,7; 10,1 и 7,3 дня при повышении среднесуточной температуры воздуха с 19,3⁰ до 25,7⁰С, минимальной температуры с 8,4 до 17,8⁰С и дефицита влажности воздуха с 6 до 14,4 мм. К сокращению его с 16,1 до 10,3 и 12 дней приводит повышение максимальной температуры с 29,7⁰ до 34,6⁰ и 36,9⁰С.

На продолжительности периода «восковая – полная спелость» единственным фактором, увеличивающим его с 6,6 до 14,5 дней, является сумма температур воздуха, нарастающая со 192,5 до 342,4⁰С. Нарастание среднесуточной температуры воздуха с 19 до 23,3 и 25,7⁰С сокращает его с 13,4 до 9,8 и 10,8 дня. Осадки от 0 до 26,6 мм вызывают его увеличение с 9,5 до 11,8 дня, затем при 58,6 мм снова сокращают до 8,4 дня. И, наконец, сумма дефицитов влажности воздуха и суммарное испарение по мере повышения с 51,3 до 101,4 и 151,5 мм и с 39,6 до 65,8 и 98,3 мм первоначально приводят к сокращению периода с 14,0; 14,2 до 7,8 и 7,8 дня, а затем – к его удлинению до 14,3 и 14,2 дня.

Заключение

В век компьютеризации необходимым условием повышения эффективности труда земледельца, снижения рисков при возделывании им сельскохозяйственных культур является разработка и использование математических моделей, описывающих жизнь конкретной возделываемой культуры на каждом этапе её жизненного цикла, на основе познания ее биологических потребностей и ответных реакций на воздействие факторов внешней среды и применяемых технологий.

Настоящая работа является фрагментом в математическом описании жизни растений яровой твердой пшеницы в степной зоне оренбургского Предуралья. Продолжение работ в этом направлении позволит открыть новую страницу в управлении продуктивностью возделываемых культур, а при создании компьютерных программ «проигрывать» вероятные ситуации, которые могут сложиться на практике. Несмотря на нерешенность в целом этой огромной проблемы, результаты нашего исследования уже позволяют специалисту-практику определяться с выбором сроков сева и сорта культуры, чтобы растения были более адаптированы к местному климату, и с учетом их особенностей по способности завершать вегетацию, планировать процессы ухода за посевами, уборки, подготовки почвы и техники и проведение других организационно-экономических мероприятий.

Подводя итоги исследования, считаем возможным заключить, что в условиях степной зоны центра оренбургского Предуралья наблюдается исключительно высокое непостоянство действующих погодных факторов, в значительной степени превышающее варьирование ответных реакций яровой твердой пшеницы, что на основных этапах формирования агроценоза приводит к затягиванию процесса их прохождения, с одной стороны, или преждевременному их завершению, с другой, отрицательно влияющими на жизненные процессы растений. Исследователи, как правило, ограничиваются приведением лишь отдельных показателей погодных условий для общей характеристики лет эксперимента без анализа закономерностей их действия, что не способствует пониманию потребностей возделываемых растений.

Для более глубокого понимания адаптивных способностей культур, их вероятных реакций на воздействие условий внешней среды и выработки необходимой стратегии и тактики в управлении жизнью растений требуется при анализе результатов полевых опытов исследовать корреляционно-регрессионные связи и разрабатывать модели этих связей. Это позволит эффективнее вмешиваться в процессы формирования продуктивности посева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко А.А. Адаптивные системы селекции растений (эколого-генетические основы): В двух томах. М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. 780 с. Т. 2. 708 с.
2. Крючков А.Г. Основы математического моделирования на сельскохозяйственном поле. Оренбург. 2012. 162 с.
3. Крючков А.Г. Моделирование высокопродуктивных посевов в степном регионе Южного Урала. Книга в двух частях. Оренбург: Агентство „Пресса”, 2014. С. 150-181.

4. Крючков А.Г., Япиев И.Ф. Заключительный отчет о НИР на тему: „Разработать математические модели прогноза основных показателей качества зерна яровой сильной и твердой пшеницы, применительно к зонам Оренбургской области”. Заключительный по этапу за 1987-1991 гг. Оренбург, 1991. 147 с.

5. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1925. 20: 165-177.

6. Бюллетени наблюдений за погодными условиями за 1987-1990 гг. Оренбургского Гидрометеоцентра. Оренбург.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

*Поступила 2.12.2014 г.
(повторно- 11.12.2014 г.)*

*(Контактная информация: **Крючков Анатолий Георгиевич** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Оренбургский НИИ-ИСХ»; адрес: 4600051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1; тел. 71-04-88, e-mail: or-niish@mail.ru)*