

УДК 633.1:551.5:91

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВСХОЖЕСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Е.В. Самохвалова, Н.В. Санина, Л.В. Фадеева

Аннотация

Работа посвящена нахождению аппроксимационной зависимости полевой всхожести озимой и яровой пшеницы от запасов продуктивной влаги в почве в период посева. Анализ проводился на основе данных полевых наблюдений ГНУ Поволжский НИИСС 1983–2012 гг. Полученная функция зависимости воспроизводит полевую схожесть культур с точностью 93% при обеспеченности 79% и коэффициенте детерминации 0.66. Методика реализована для районов Самарской области с разными агроклиматическими условиями для 400 случаев задания влагозапасов почвы, генерируемых с помощью метода случайных испытаний на основе статистических параметров климатического ряда. Установлено, что изменение по территории всхожести с уровнем 75%-ной обеспеченности отличается более широким диапазоном, чем для среднего значения, и характеризует агроклиматические ресурсы с учетом их временной изменчивости.

Ключевые слова: всхожесть, зерновые культуры, продуктивная почвенная влага, стохастическое моделирование, статистический анализ.

Введение

Всхожесть сельскохозяйственных культур является показателем полноты всходов и формирует густоту стояния посева, которая является важным элементом продуктивности растений и основой ее прогнозирования. Существующие сегодня достижения агрономической науки и семеноводства (например, использование качественного семенного материала, различных приемов предпосевной обработки семян, специальной агротехники посева с прикатыванием и др.) не гарантируют стабильности полноценных всходов. Особенно это относится к регионам с континентальным климатом с характерной неустойчивостью температурного режима и увлажнения, к которым относится и Среднее Поволжье. Поэтому изучение условий формирования полевой всхожести культур и способов ее повышения – одна из приоритетных задач агрономов, селекционеров, технологов.

С точки зрения агрометеорологической оценки территории, оценки сельскохозяйственных угодий всхожесть и зависящая от нее густота стояния посева, как и другие элементы продуктивности, характеризуют степень благоприятности условий территории продукционному процессу. Причем в условиях возрастающей в настоящее время нестабильности климата анализ пространственного распределения показателей продуктивности и формирующих их агроклиматических условий особенно важен с учетом структуры временного ряда [1, 2].

В связи с неоднородностью уровня применяемой агротехники в хозяйствах и культуры земледелия в целом использование данных полевых наблюдений для

такого рода анализа не вполне корректно. Возникает необходимость математического моделирования продукционного процесса растений в зависимости от агрометеорологических факторов, одним из параметров которого является всхожесть.

Целью настоящей работы является информационное обеспечение агрометеорологической оценки территории с учетом полевой всхожести зерновых культур. В задачи исследований входило: аппроксимация всхожести озимой и яровой пшеницы в зависимости от запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы, применение метода стохастического моделирования для восстановления ее временного ряда и анализ функции распределения в различных агроклиматических условиях.

Методика и условия

Как известно, полевая всхожесть определяется качеством посевного материала, условиями тепло- и влагообеспеченности растений в период прорастания семян [3]. Согласно данным полевых наблюдений [4–6] оптимальные условия в период набухания, прорастания семян и появления всходов складываются при температуре пахотного слоя почвы 14–20 °С и влажности 50–90% от предельной полевой влагоемкости. Пониженный температурный режим в этот период замедляет темпы ростовых процессов, а нехватка почвенной влаги нарушает обмен веществ. Избыток влаги препятствует нормальной аэрации почвы и при повышенных температурах нередко является причиной повреждения молодых ростков болезнями.

При моделировании продукционного процесса, приурочивая начало расчета к оптимальным агрономическим срокам посева культур, мы заведомо «помещаем» наш посев в условия благоприятного температурного режима. Влияние же колебаний температур и возможного возврата холодов весной отслеживается впоследствии путем введения температурных коэффициентов, регулирующих в модели интенсивность фотосинтеза и дыхания растений.

Для определения зависимости всхожести от условий влагообеспеченности в период посева в работе использованы данные полевых наблюдений ГНУ Поволжский НИИСС [7] и агрометеостанции Усть-Кинельская [8] о влажности почвы на зерновом севообороте ГНУ Поволжский НИИСС за 1983–2012 г.

Всхожесть определялась методом подсчета числа взошедших растений на единице площади в четырех повторностях и выражалась в процентах от нормы всхожих семян [9]. Данные за период 1983–2012 гг. представляют собой статистическую совокупность, характеризующую дискретную количественную изменчивость показателя, описанную с помощью среднего значения ряда и стандартного отклонения [10].

Нами произведен анализ полевой всхожести озимой пшеницы сорта Поволжская 86 и яровой пшеницы Кинельская 59, районированных в Средневолжском регионе. В результате подобрана аппроксимирующая функция зависимости всхожести растений (U_w) от запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см в период посева и прорастания семян (W_{0-20}):

$$U_w = 17.45W_{0-20}^{0.4579}.$$

Коэффициент детерминации временных рядов составил 0.66. Обеспеченность метода (повторяемость попадания рассчитываемых значений в доверительный

интервал 0.67σ , где σ – среднеквадратическое отклонение ряда фактических значений) составила 79%; относительная ошибка расчета для оправдавшихся случаев – 7%.

Для того чтобы сформировать статистический ряд всхожести в любой точке территории, необходим аналогичный расчет во множестве вариантов условий влагообеспеченности в период посева и прорастания семян, характерных для данной территории. На основе фактических данных влагозапасов почвы это возможно лишь для тех точек территории, где организованы наблюдения за влажностью почвы.

Учитывая сравнительно редкую сеть агрометеостанций и других пунктов полевых наблюдений, возникает необходимость предварительного расчета влагозапасов. С этой целью применяется интерполяция климатических значений показателя, а затем процедура стохастического моделирования временного ряда [11]. Воссоздание временного ряда вектора запасов продуктивной влаги по слоям почвы в период прорастания семян и всходов $F_w = (W_{0-20}, W_{20-50}, W_{50-100})$ осуществляется на основе средних значений, среднеквадратических отклонений, коэффициентов взаимной корреляции его составляющих. При этом компоненты вектора F_w определяются в результате конечно-разностного решения системы уравнений Ланжевена в 400 вариантах, реализуемых с помощью метода случайных испытаний (метода Монте-Карло) [12, 13].

Результаты и их обсуждение

С учетом рекомендованных сроков посева расчет влагозапасов почвы для определения всхожести озимой пшеницы произведен в конце августа, яровой пшеницы – в конце апреля. Среднемноголетние значения вектора F_w взяты из агрометеорологических справочников, другие статистические показатели определены по данным полевых наблюдений агрометеорологической станции Усть-Кинельская и лаборатории агрохимии ГНУ Поволжский НИИСС.

Среднеквадратические отклонения временных рядов запасов продуктивной влаги по слоям почвы 0–20, 20–50 и 50–100 см на зерновом севообороте Поволжского НИИСС (1983–2012 гг.) в период посева и прорастания семян яровой пшеницы составили 12.7, 13.8 и 14.8 мм, озимой пшеницы – 10.5, 19.6 и 27.1 мм соответственно. Коэффициенты корреляции запасов продуктивной влаги между слоями почвы 0–20 и 20–50 см; 0–20 и 50–100 см, а также 20–50 и 50–100 см в конце апреля составили 0.66, 0.29 и 0.71, в конце августа – 0.19, 0.05 и 0.81 соответственно.

В результате восстановления запасов продуктивной влаги по слоям почвы получены их временные ряды на конец апреля и конец августа (по 400 значениям). Оценка точности расчета функций распределения выполнена на основе χ^2 -теста: уровень значимости критерия (0.427 и 0.056) свидетельствует об однородности моделируемых и фактических рядов (табл. 1).

На основе моделируемых влагозапасов почвы получены временные ряды полевой всхожести яровых и озимых культур. Уровень значимости χ^2 -критерия, рассчитанный для функции их распределения (рис. 1), составил 0.407 и 0.101. Достигнутая точность моделирования обосновывает возможность использования

Табл. 1

Повторяемость запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см по грациям

Диапазон запасов влаги, мм	Повторяемость запасов влаги в конце апреля, %		Повторяемость запасов влаги в конце августа, %	
	фактические данные*	моделируемые значения**	фактические данные*	моделируемые значения**
0–10	0	1	10	7
10–20	5	3	20	30
20–30	16	14	40	35
30–40	21	27	20	22
40–50	32	30	10	5
50–60	21	17	0	1
60–70	5	7	0	0
70–80	0	1	0	0
Коэффициент корреляции	0.965		0.947	
χ^2 -критерий	4.9 (уровень значимости 0.427)		9.2 (уровень значимости 0.056)	

* Данные полевых наблюдений 1983–2012 гг.

** Результат стохастического моделирования временного ряда.

приведенной расчетной схемы для прогноза полевой всхожести растений в условиях отсутствия фактических наблюдений за влажностью почвы, а также в моделях продукционного процесса растений.

Для сравнения всхожести в разных агроклиматических районах аналогичные расчеты проведены на основе данных метеонаблюдений метеостанций Самарской области: Клявлино (район повышенного увлажнения с гидротермическим коэффициентом (ГТК) почти 1.1) и Большая Глушица (район пониженного увлажнения с ГТК около 0.7). Почвенный покров полевых наблюдательных участков этих станций, как и станции Усть-Кинельская (район умеренного увлажнения, ГТК равен 0.8), характеризуется высокой влагоужерживающей способностью (тяжелосуглинистый чернозем). Поэтому различия полученных распределений всхожести зерновых культур (табл. 2) обусловлены влиянием именно климатических условий.

Во всех рассматриваемых районах условия влагообеспеченности достаточно благоприятны для прорастания и появления всходов яровой пшеницы: средние значения полевой всхожести оказались выше 80%. Особенно высокие значения отмечаются в районе повышенного увлажнения (Клявлино), хотя и там сохраняется вероятность низкой всхожести, о чем свидетельствует величина коэффициента вариации 21%. У озимой пшеницы таких высоких значений всхожести не отмечается, причем и средний уровень показателя, и коэффициент вариации заметно снижаются по мере усиления засушливости условий.

Согласно приведенным данным в зависимости от агроклиматических условий изменяется не только уровень всхожести, но и устойчивость его временного ряда. В связи с этим для оценки территории мы предлагаем использовать уровень всхожести, обеспеченный в 75% случаев и отличающийся более широким диапазоном изменения в зависимости от условий влагообеспеченности, чем среднее значение.

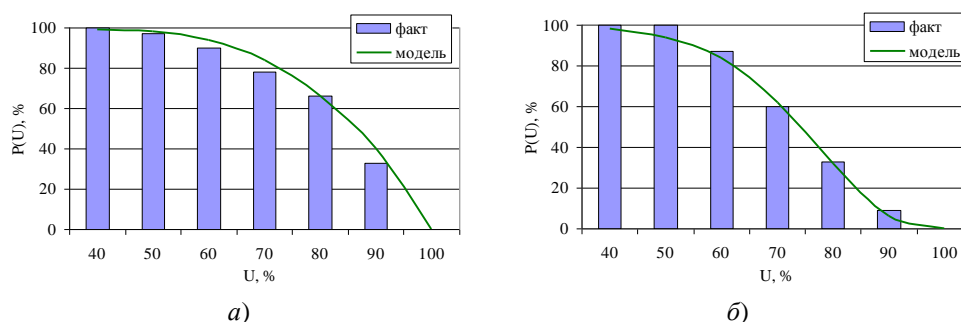


Рис. 1. Обеспеченность полевой всхожести зерновых культур по градациям: а) яровая пшеница, б) озимая пшеница; «факт» – данные полевых наблюдений 1998–2012 гг., «модель» – результат расчета на основе стохастического моделирования временного ряда влагозапасов почвы)

Табл. 2

Статистические показатели временного ряда полевой всхожести, % всхожих семян

Район Самарской области	Яровая пшеница			Озимая пшеница		
	Среднее значение	Уровень 75%-ной обеспеченности	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Уровень 75%-ной обеспеченности	Коэффициент вариации, %
Клявлинский	94	93	21	80	79	10
Кинельский	84	81	5	72	70	19
Большеглушицкий	82	80	7	50	43	36

Заключение

Таким образом, полученные результаты подтверждают адекватность рассмотренной схемы моделирования влагозапасов почвы в период прорастания семян озимых и ранних яровых культур в условиях Среднего Поволжья и обосновывают ее применение для математического описания и анализа полевой всхожести растений. Воссозданное множество реализаций вектора влагозапасов почвы открывает возможность моделирования климатически обеспеченной всхожести и ее пространственно-временной изменчивости.

Пространственное распределение всхожести с уровнем обеспеченности 75% отличается более широким диапазоном изменения, чем для среднего значения, и характеризует агроклиматические ресурсы территории с учетом их временной изменчивости.

Все это создает предпосылки для более полного и объективного географического анализа биоклиматического потенциала территории и оценки степени риска возделывания зерновых культур в целях обеспечения высокого уровня урожаев и стабильности агропроизводства.

Литература

1. Зойдзе Е.К., Хомякова Т.В., Шостак З.А., Сиротенко В.Г., Овчаренко Л.И., Сухарева В.А. О проблеме адекватного агроклиматического обеспечения экономики Российской Федерации в условиях изменений климата // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 8. – С. 73–86.

2. *Иванов А.Л.* Устойчивость функционирования агросферы в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. – 2007. – Вып. 36. – С. 26–44.
3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам / Под ред. Е.С. Улановой, В.А. Моисейчик, А.Н. Полевого. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – Т. 1. – 308 с.
4. *Уланова Е.С.* Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 302 с.
5. *Моисейчик В.А., Максименкова Т.А.* Погода и состояние озимых зерновых культур в осеннее-зимний период. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 40 с.
6. *Коровин А.И.* Растения и экстремальные температуры. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 272 с.
7. Отчет об итогах научной и производственной деятельности ГНУ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова Россельхозакадемии. – Кинель, 1983–2012.
8. Агрометеорологическое обеспечение научных исследований и изучение влияния погодных условий на формирование урожаев сельскохозяйственных культур // Отчет о НИР; рук. Самохвалов В.А. – Кинель: СГСХА, 1983–2012.
9. Основные агрометеорологические наблюдения // Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – Вып. 11, Ч. 1. – 316 с.
10. Глуховцев В.В., Зудилин С.Н., Кириченко В.Г. Основы научных исследований в агрономии. – Самара: РИЦ СГСХА, 2008. – 291 с.
11. *Жуков В.А., Святкина О.А.* Стохастическое моделирование и прогноз агроклиматических ресурсов при адаптации сельского хозяйства к региональным изменениям климата на территории России // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 1. – С. 100–109.
12. *Кузнецов П.Ф.* Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 816 с.
13. *Яглом А.М.* Корреляционная теория стационарных случайных функций. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 264 с.

Поступила в редакцию
10.12.13

Самохвалова Елена Владимировна – кандидат географических наук, доцент, ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, Самарская обл., п. Усть-Кинельский, Россия.

E-mail: kinel_ews@mail.ru

Санина Наталья Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией, ГНУ Поволжский НИИСС им. П.Н. Константинова, Самарская обл., п. Усть-Кинельский, Россия.

E-mail: gnu_pniiss@mail.ru

Фадеева Людмила Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, специалист, ГНУ Поволжский НИИСС им. П.Н. Константинова, Самарская обл., п. Усть-Кинельский, Россия.

* * *

ANALYSIS AND FORECAST OF GERMINATION ABILITY OF GRAIN CROPS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

E.V. Samokhvalova, N.V. Sanina, L.V. Fadeeva

Abstract

The paper is dedicated to finding the approximate dependence of the field germination ability of winter and spring wheat on the productive soil moisture content during planting. The analysis was based on the

data of field observations carried out by the Volga Region Research Institute of Selection and Seed Farming in 1983–2012. The obtained dependence function represents the field germination ability with an accuracy of 93%, a coverage of 79% and a determination coefficient of 0.66. The method was implemented for some areas of the Samara Region with different agroclimatic conditions. Four hundred cases of moisture content in soil were generated using random trial method based on the statistical parameters of the climatic sequence. It was revealed that the spatial variation with a 75% coverage has a wider range compared to the average value, and it characterizes the agroclimatic resources taking into account their temporal variation.

Keywords: germination ability, grain crops, productive soil moisture, stochastic modeling, statistical analysis.

References

1. Zoidze E.K., Khomyakova T.V., Shostak Z.A., Sirotenko V.G., Ovcharenko L.I., Sukhareva V.A. The problem of adequate agroclimatic supply of the Russian economy under the conditions of climate change. *Meteorologiya i Gidrologiya*, 2010, no. 8, pp. 73–86. (In Russian)
2. Ivanov A.L. Sustainability of the agricultural sphere in the conditions of global climate change. *Trudy VNIISKHM*, 2007, Issue 36, pp. 26–44. (In Russian)
3. Ulanova E.S., Moiseichik V.A., Polevoi A.N. (Eds.) Guidebook on Agrometeorological Forecasts. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984, vol. 1. 308 p. (In Russian)
4. Ulanova E.S. Agrometeorological Conditions and Winter Wheat Yield. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1975. 302 p. (In Russian)
5. Moiseichik V.A., Maksimenkova T.A. The Weather and the State of Winter Crops in Autumn and Winter. Moscow, Rosselkhozizdat, 1982. 40 p. (In Russian)
6. Korovin A.I. Plants and Extremes Temperatures. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984. 272 p. (In Russian)
7. Report on the results of research and production activities of the Volga Region Research Institute of Selection and Seed Farming named after P.N. Konstantinov under the Russian Academy of Agricultural Sciences. Kinel, 1983–2012. (In Russian)
8. Agrometeorological support of scientific research and the study on the influence of weather conditions on agricultural crop formation. Research Report (Research Director V.A. Samokhvalov). Kinel, SGSKhA, 1983–2012. (In Russian)
9. Basic agrometeorological observations. *Instructions for Hydrometeorological Stations and Posts*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1985, Issue 11, Part 1. 316 p. (In Russian)
10. Glukhovtsev V.V., Zudilin S.N., Kirichenko V.G. Foundations for Scientific Research in Agronomy. Samara, RITs SGSKhA, 2008. 291 p. (In Russian)
11. Zhukov V.A., Svyatkina O.A. Stochastic modeling and prediction of agroclimatic resources in adapting agriculture to regional climate changes in Russia. *Meteorologiya i Gidrologiya*, 2000, no. 1, pp. 100–109. (In Russian)
12. Kuznetsov P.F. Stochastic Differential Equations: Theory and Practice of Numerical Solution. Saint Petersburg, Izd. Politekh. Univ., 2010. 816 p. (In Russian)
13. Yaglom A.M. Correlation Theory of Stationary Random Functions. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1981. 264 p. (In Russian)

Received
December 10, 2013

Samokhvalova Elena Vladimirovna – PhD in Geography, Associate Professor, Samara State Agricultural Academy, Samara Region, Ust-Kinelskii, Russia.

E-mail: kinel_ews@mail.ru

Sanina Natalya Vladimirovna – PhD in Agriculture, Laboratory Chief, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Farming named after P.N. Konstantinov, Samara Region, Ust-Kinelskii, Russia.

E-mail: gnu_pniiss@mail.ru

Fadeeva Lyudmila Vladimirovna – PhD in Agriculture, Specialist, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Farming named after P.N. Konstantinov, Samara Region, Ust-Kinelskii, Russia.