

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Е.Р. АРЛАНЦЕВА, В.К. ХРАМОЙ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал)

В статье рассмотрен вопрос построения регрессионной модели продуктивности озимой пшеницы в зависимости от тепло- и влагообеспеченности. Такие модели рекомендуется строить отдельно для каждого типового исхода случайных погодных условий вегетационного периода. В работе предложен алгоритм идентификации типовых исходов погодных условий лет наблюдений и распределения статистической выборки на группы для последующей оценки регрессий. Идентификация исходов осуществляется на основе анализа гидротермического коэффициента в критический период развития растений и отклонений от средних многолетних значений среднесуточных температур и суммы осадков по месяцам вегетационного периода. Предлагаемый алгоритм был разработан нами при обработке данных полевых опытов с озимой пшеницей, проведённых в Калужском НИПТИ АПК с 1967 по 1999 гг. Продемонстрированы продукционные функции озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания, построенные для исходов погодных условий с недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченностью. Уровень азотного питания представлен интегрированным показателем доступного для растений количества минерального азота, поступившего из всех источников (почвы, пожнивно-корневых остатков предшественника, органических и минеральных удобрений) с учётом коэффициентов использования. На основе анализа продукционных функций показано, что в Калужской области в условиях нормальной влагообеспеченности максимальная урожайность озимой пшеницы 4,75 т/га достигается при уровне азотного питания 200 кг/га, при низкой влагообеспеченности максимальная урожайность 4,31 т/га достигается при уровне азотного питания 195 кг/га, а при избыточной влагообеспеченности максимум урожайности 4,04 т/га достигается при уровне азотного питания 175 кг/га.

Ключевые слова: продукционные функции озимой пшеницы, регрессионные модели урожайности, случайные факторы тепло- и влагообеспеченности, типовые исходы погодных условий.

Введение

Погодные условия оказывают существенное влияние на результаты деятельности в растениеводстве. Поэтому рекомендуемые по результатам полевых опытов технологии возделывания сельскохозяйственных культур по возможности должны быть адаптированы к различным погодным условиям. Для выработки таких рекомендаций нужно располагать продукционными функциями сельскохозяйственных культур для каждого типового исхода погодных условий в отдельности. Продукционные функции могут быть получены на основе статистических наблюдений из полевых опытов. Но прежде, чем приступать к построению регрессионных моделей зависимости урожайности от управляемых факторов, следует все наблюдения распределить на группы с одинаковыми исходами погодных условий и затем отдельно для каждой группы оценивать параметры регрессий.

Считается, что из множества характеристик погодных условий на урожайность оказывают влияние, прежде всего, условия тепло- и влагообеспеченности. При фиксированных технологических затратах на выращивание культуры можно определить такие интервалы изменения показателей тепло- и влагообеспеченности, в пределах которых их вариация не оказывает существенного влияния на формирование урожая и, таким образом, выделить конечное число типовых исходов погодных условий [2].

Близкими к нормальным исходам считаются года, в которых отклонение средней за сезон температуры воздуха не превышает 2°C и осадки составляют 60–140% нормы [6]. Для обобщенной характеристики погодных условий обычно используется условный показатель увлажнения территории – гидротермический коэффициент (ГТК), который представляет собой отношение суммы осадков к сумме температур, уменьшенной в 10 раз, за период активной вегетации (май – август). По условиям тепло- и влагообеспеченности можно выделить три основных типовых исхода [3, 4]:

1) засушливый, с недостатком осадков и повышенной температурой в период вегетации ($\text{ГТК} < 1$);

2) нормальный, с осадками и температурой в пределах многолетней нормы ($\text{ГТК} = 1,3 - 1,5$);

3) избыточно влажный, с превышением нормы осадков и преимущественно пониженной температурой ($\text{ГТК} > 2$).

Предлагается также учитывать критический период развития растений, в который они наиболее чувствительны к почвенной и воздушной засухе [5]. Критическим по тепло- и влагообеспеченности периодом для большинства сельскохозяйственных растений назван май-июнь, т.е. начало вегетации.

Ввиду большого разнообразия факторов, определяющих исход погодных условий и их изменчивости в течение вегетационного периода, сложно сопоставить погодные условия конкретного года проведения опытов с тем или иным типовым исходом. Целью данной работы являются предложение алгоритма идентификации типовых исходов погодных условий и возможность продемонстрировать продукционные функции озимой пшеницы, построенные для исходов погодных условий с недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченностью.

Методика исследования

Задача определения количества типовых исходов погодных условий и границ интервалов показателей тепло- и влагообеспеченности в пределах исходов, а также идентификации исходов в наблюдениях из полевых опытов является слабо структурируемой и плохо формализуемой. Кроме количественных характеристик тепло и влагообеспеченности вегетационного периода здесь полезной может оказаться качественная характеристика погодных условий вегетационного периода, данная исследователями, проводившими опыты. Также важен анализ достигнутых в этот год уровней урожайности, поскольку для благоприятного в целом исхода неблагоприятное стечение отдельных условий может приводить к снижению урожайности.

Мы предлагаем следующий пошаговый алгоритм для решения этой задачи.

Шаг 1. В зависимости от объема выборки статистических наблюдений задаём количество типовых исходов погодных условий. Учитывая особенности конкретной сельскохозяйственной культуры, определяем критический период роста и развития растений.

Шаг 2. Основным количественным показателем годового исхода погодных условий мы будем считать гидротермический коэффициент в критический период развития растений $ГТК_{кр}$, который для каждого года наблюдений будет равен

$$ГТК_{кр} = \frac{\sum_{i \in I_{кр}} o_i}{\left(\sum_{i \in I_{кр}} t_i d_i \right) / 10} \quad (1)$$

где t_i , d_i и o_i – соответственно среднесуточная температура, количество дней и сумма осадков в каждый месяц вегетационного периода $i = 1 \dots n$; $I_{кр}$ – множество, включающее номера критических месяцев вегетационного периода.

Определим границы интервалов изменения $ГТК_{кр}$ в пределах типовых исходов погодных условий таким образом, чтобы оптимальное для заданной культуры значение оказалось в середине интервала, соответствующего нормальному (благоприятному) исходу. На основе $ГТК_{кр}$ предварительно распределим года проведения опытов (и исходную выборку наблюдений) по группам типовых исходов погодных условий.

Шаг 3. Не следует ограничиваться только анализом $ГТК_{кр}$, поскольку значительные разнонаправленные отклонения от нормы в отдельные месяцы могут приводить к нормальному значению обобщающего показателя, в связи с чем будем анализировать также абсолютное отклонение средней суточной температуры и относительное отклонение суммы осадков в каждый месяц вегетационного периода от средних многолетних значений

$$\Delta t_i = t_i - t_i^{(0)}, \quad \Delta o_i = \frac{o_i - o_i^{(0)}}{o_i^{(0)}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $t_i^{(0)}$ и $o_i^{(0)}$ – средние многолетние значения среднесуточной температуры и суммы осадков в i -й месяц вегетационного периода.

Отклонения температуры и количества осадков в каждый год следует сопоставить со значением $ГТК_{кр}$. Это позволит выявить года с неоднозначно определяемыми исходами погодных условий. Если в какой-либо год при нормальном обобщенном показателе $ГТК_{кр}$ обнаружатся аномальные частные характеристики погодных условий по месяцам вегетационного периода, такие как отклонения среднесуточной температуры более чем на 2°C и суммы осадков более чем на 40% от средних многолетних значений, то, вероятно, такой год можно признать неблагоприятным, а наблюдения отнести к выборке с недостаточной или избыточной влагообеспеченностью в зависимости от того, ближе к нижней или верхней границе интервала нормальной влагообеспеченности окажется значение $ГТК_{кр}$. Для лет, отнесённых по $ГТК_{кр}$ к исходу с недостаточной или избыточной влагообеспеченностью, неоднозначно определёнными следует признать года с отклонениями средней суточной температуры и суммы осадков по месяцам вегетационного периода в пределах нормы (не более чем на 2°C и не более чем на 40% соответственно).

Шаг 4. Уточняем исходы неоднозначных лет по качественной характеристике погодных условий соответствующего года проведения опытов, зафиксированной исследователями (если таковая имеется). При этом также анализируем урожайность этих лет. Учитывая, что в условиях с недостаточной и избыточной влагообеспеченностью урожайность сельскохозяйственных культур может быть меньше на 30–40%, чем в благоприятных погодных условиях [5], сопоставляем среднюю урожайность неоднозначного года с максимальной или минимальной урожайностью по выборке

того типового исхода, к которому этот год был отнесён предварительно. Если в выборке благоприятного исхода в наблюдениях года с неоднозначно определяемым исходом урожайность меньше максимальной по выборке более чем на 40%, то этот год следует отнести к недостаточно или избыточно влажному. Аналогично, для неблагоприятных в целом исходов сочетание отдельных погодных условий может оказывать вполне положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому, если какой-либо год был признан неблагоприятным со значением $ГТК_{кр}$, близким к границам для нормального исхода, и в этот год наблюдались аномальные отклонения от нормы отдельной частной характеристики одного из месяцев критического периода, то необходимо проанализировать уровни урожайности в наблюдениях этого года. Если в выборке по неблагоприятному исходу (недостаточно или избыточно влажному) урожайность в наблюдениях года с неоднозначно определенным исходом превышает минимальную по выборке более чем на 40%, то этот год следует отнести к нормальному по влагообеспеченности.

Шаг 5. Корректность идентификации типовых исходов погодных условий следует оценить проверкой статистической гипотезы о равенстве средних в группах. В соответствии с распределением лет наблюдений по типовым исходам погодных условий распределяем по группам наблюдения исходной статистической выборки. Затем для каждой двух групп соседних типовых исходов погодных условий проверяем статистическую гипотезу о равенстве средних значений урожайности. Уточнение исходов погодных условий опытов и границ интервалов показателей тепло- и влагообеспеченности должно повторяться до получения удовлетворительных результатов, подтвержденных отклонением гипотезы о равенстве средних значений урожайности в соседних группах.

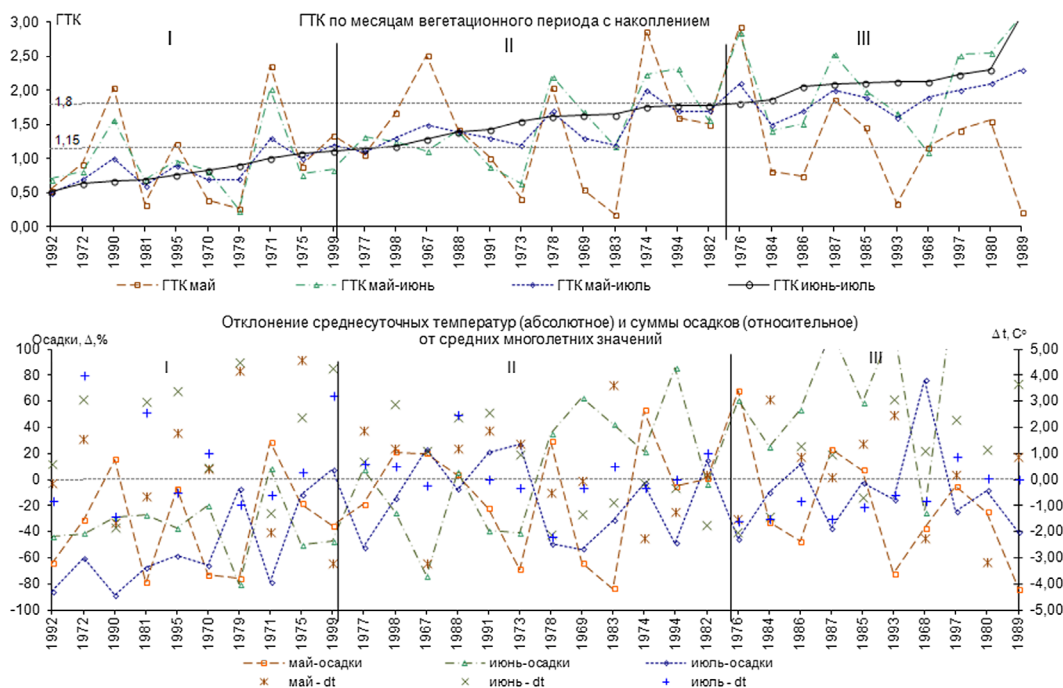
Результаты и их обсуждение

Предлагаемый алгоритм был разработан и использован нами для идентификации типовых исходов погодных условий при обработке данных из опытов с озимой пшеницей, проведенных в Калужском НИПТИ АПК за 1967–1999 года на среднесуглинистых почвах с кислотностью в пределах 4,5–6,2 рНКС1 (среднее значение 5,5; дисперсия 0,22) и с содержанием гумуса в пределах 1,75–3,1% (среднее значение 2,3%; дисперсия 0,19), с традиционной для озимой пшеницы технологией.

Учитывая, что в Центральном районе России в мае почва содержит еще достаточно влаги, мы предположили, что критическим по тепло- и влагообеспеченности периодом для озимых является июнь-июль.

Для идентификации исходов погодных условий в года проведения опытов для каждого месяца вегетационного периода с мая по июль были рассчитаны значения гидротермического коэффициента (с накоплением), а также отклонения от средних многолетних значений суммы осадков (относительные) и среднесуточных температур (абсолютные). Рассчитанные значения показателей представлены графически в отсортированном по значению $ГТК_{кр}$ за июнь-июль виде на рисунке 1.

По значению $ГТК_{кр}$ за июнь-июль года проведения опытов были распределены по типовым исходам погодных условий: к исходу с нормальной влагообеспеченностью отнесли года с $ГТК_{кр}$ от 1,15 до 1,82, с недостаточной влагообеспеченностью – с $ГТК_{кр}$ меньше 1,15 и с избыточной влагообеспеченностью – с $ГТК_{кр}$ более 1,82. Границы интервалов $ГТК_{кр}$ уточнялись неоднократно на основе экспертной оценки всех характеристик погодных условий и их сопоставления с урожайностью в года с пограничными значениями $ГТК_{кр}$ и с неоднозначно идентифицируемыми исходами.



Типовые исходы погодных условий по влагообеспеченности посевов: I - недостаточная, II - нормальная, III - избыточная

Рис. 1. Распределение лет наблюдений по исходам погодных условий

Неоднозначно идентифицируемыми признаны года, для которых ГТК за вегетационный период май-июль и $ГТК_{кр}$ за июнь-июль попадают в интервалы, соответствующие разным исходам погодных условий. Для уточнения исходов этих лет выполнялся комплексный анализ показателей ГТК по периодам, отклонений среднесуточных температур и суммы осадков по месяцам, а также урожайности озимой пшеницы в опытах (табл. 1).

Так, 1971 год по ГТК за май-июль можно было бы отнести к нормальному исходу, но этот год отнесен к исходу с недостаточной влагообеспеченностью из-за аномально сухого июля с суммой осадков на 78,5% ниже нормы. Аналогично 1984 год по ГТК за май-июль можно было бы отнести к нормальному исходу лишь из-за высокой среднесуточной температуры в мае, а 1986 и 1993 года – из-за недостаточного количества осадков в мае, но в июне осадков выше нормы на 53% и 118% соответственно. При этом урожайность озимой пшеницы в опытах 1984, 1986 и 1993 годов даже ниже средней урожайности для исхода с избыточной влагообеспеченностью (см. табл. 2). Таким образом, исходы 1984, 1986 и 1993 годов признаны избыточно влажными.

По ГТК за май-июль к избыточно влажному исходу можно было бы отнести 1974 и 1976 года, но 1974 год – лишь из-за влажного и прохладного мая. В мае 1976 года количество осадков больше нормы на 68%, а в июне – на 61%, но в июле осадков меньше нормы на 46%. При этом в опытах этих лет наблюдается высокая урожайность озимой пшеницы, в результате чего исходы погодных условий 1974 и 1976 годов признаны благоприятными с нормальной влагообеспеченностью.

В соответствии с идентифицированными исходами погодных условий лет проведения опытов исходная совокупность наблюдений была поделена на три группы по уровням недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченности. Для

каждых двух групп, соответствующих соседним уровням влагообеспеченности (недостаточная – нормальная и нормальная – избыточная) выполнены проверки гипотез о равенстве дисперсий и средних значений урожайности (табл. 2, 3).

Таблица 1

Характеристики погодных условий лет с неоднозначно идентифицируемыми исходами

Характеристика погодных условий		Год						
		1971	1974	1976	1984	1986	1993	
Гидротермический коэффициент по периодам	май	2,37	2,88	2,95	0,82	0,75	0,35	
	июнь	1,78	1,84	2,79	2,07	2,13	2,73	
	июль	0,4	1,76	1,06	1,75	2,08	1,56	
	май-июнь	2,03	2,24	2,86	1,42	1,52	1,68	
	май-июль	1,3	2	2,1	1,5	1,7	1,6	
	июнь-июль	1,01	1,77	1,82	1,87	2,07	2,13	
Отклонение от средних многолетних температур (абсолютное), С° и суммы осадков (относительное), %	май	температура	-2	-2,2	-1,5	3,1	0,9	2,5
		осадки	28,57	53,04	68,04	-32,5	-47,5	-72,32
	июнь	температура	-1,27	-0,1	-2	-1,4	1,3	3,1
		осадки	8,86	21,14	61,29	25,14	53,29	117,57
	июль	температура	-0,57	-0,27	-1,57	-1,47	-0,77	-0,57
		осадки	-78,51	-2,87	-45,85	-10	11,7	-15,32
Средняя урожайность озимой пшеницы в опытах, т/га		3,73	4,65	5,64	3,24	3,40	3,10	

Таблица 2

Характеристики распределения в группах по влагообеспеченности

Наименование показателя	Влагообеспеченность		
	недостаточная	нормальная	избыточная
Количество наблюдений	60	80	33
Средняя урожайность, т/га	3,56	3,96	3,55
Дисперсия	63,5	104,1	67,1

**Проверка гипотез о равенстве дисперсий и средних значений урожайности
в группах по влагообеспеченности**

Наименование показателя	Группы по влагообеспеченности	
	недостаточная, нормальная	нормальная, избыточная
Критерий Фишера ($\alpha = 0,01$)		
Табличное значение $F_{кр}$	1,79	2,11
Фактическое значение $F_{кр}$	1,64	1,55
Вывод	Дисперсии равны	Дисперсии равны
Критерий Стьюдента ($\alpha = 0,05$)		
Табличное значение $t_{кр}$	1,98	1,91
Фактическое значение $t_{кр}$	2,63	2,25
НСР	3,04	3,6
Разность средних	4,1	4,0
Вывод	Средние различны	Средние различны

Проверка гипотез о равенстве средних в выборках показала, что с вероятностью ошибки 5% выявленные уровни влагообеспеченности посевов оказывают существенно различное влияние на урожайность озимой пшеницы. Следовательно, распределение наблюдений по группам можно считать обоснованным.

В итоге за период с 1967 по 1999 гг. исходы тринадцати лет проведения опытов признаны благоприятными (нормальными) по тепло- и влагообеспеченности, а исходы девятнадцати лет – неблагоприятными, выявлено десять лет с недостаточной и девять лет с избыточной влагообеспеченностью. Вероятности наступления исхода с недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченностью равны 0,31, 0,41 и 0,28 соответственно.

Распределив наблюдения по группам типовых исходов погодных условий, мы для каждого исхода оценили параметры продукционных функций озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания:

$$P = a_1 R^{a_2} e^{-a_3 R}, \quad (3)$$

где P – урожайность; R – уровень азотного питания; a_2 и a_3 – коэффициенты положительного и повреждающего действия азота; a_1 – параметр, зависящий от прочих исходных данных; e – основание натуральных логарифмов.

Спецификация продукционной функции (3) для сельскохозяйственных культур, а также процедура оценивания параметров функции для комбинаций дискретных факторов влагообеспеченности (недостаточная, нормальная и избыточная) и уровней фосфорного (до 50 кг/га и выше 50 кг/га) и калийного питания (до 95 кг/га и выше 95 кг/га) изложены в [1]. Азотное, фосфорное и калийное питание здесь

представлено интегрированными показателями доступных для растений элементов минерального питания, поступивших из всех источников (почвы, пожнивно-корневых остатков предшественника, органических и минеральных удобрений) с учётом коэффициентов использования.

Выводы (заключение)

На рисунке 2 показаны производственные функции (3) зависимости урожайности озимой пшеницы от уровня азотного питания, построенные для погодных условий с недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченностью (без деления выборки наблюдений по уровням фосфорного и калийного питания).

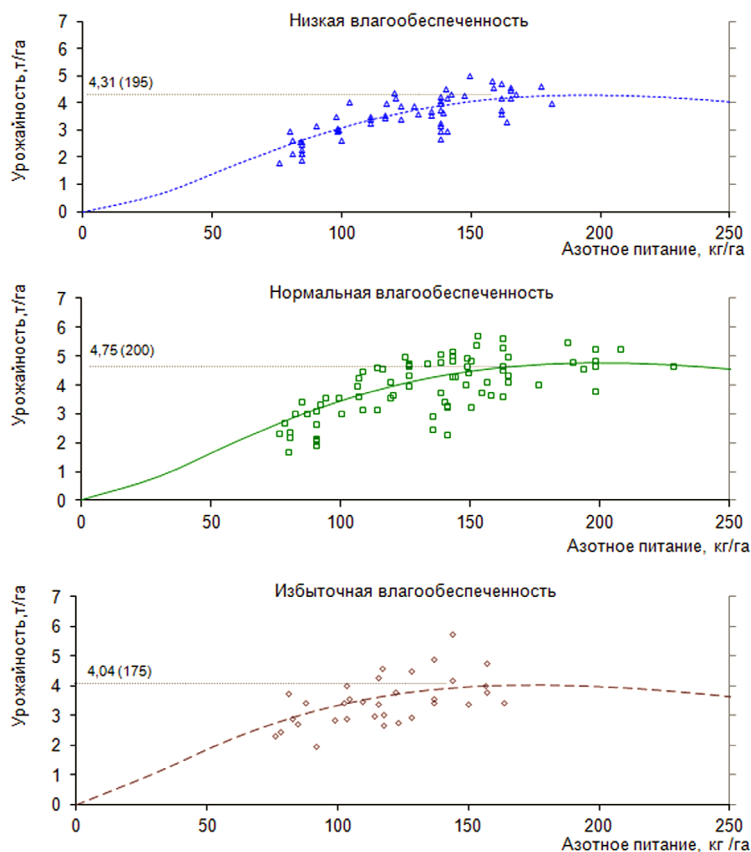


Рис. 2. Производственные функции озимой пшеницы и соответствующие группы наблюдений по типовым исходам погодных условий

Анализ производственных функций позволяет сделать выводы: в условиях нормальной влагообеспеченности может быть получена максимальная урожайность озимой пшеницы 4,75 т/га при уровне азотного питания 200 кг/га, при низкой влагообеспеченности возможно достичь максимальной урожайности в 4,31 т/га при уровне азотного питания 195 кг/га, а при избыточной влагообеспеченности максимум урожайности составит только 4,04 т/га при уровне азотного питания 175 кг/га.

Производственные функции зависимости урожайности озимой пшеницы от уровня азотного питания для комбинаций дискретных факторов влагообеспеченности (недостаточная, нормальная и избыточная) и уровней фосфорного (до 50 кг/га

и выше 50 кг/га) и калийного (до 95 кг/га и выше 95 кг/га) питания, представленные в [1], можно использовать для планирования интенсификации выращивания озимой пшеницы на среднесуглинистых средне- и слабокислых почвах и средним содержанием гумуса 2,3% в Калужской области и в подобных почвенно-климатических условиях ЦРНЗ. Предложенный выше формализованный алгоритм идентификации исходов погодных условий опытов можно рекомендовать и для других сельскохозяйственных культур, чтобы при построении регрессионных моделей зависимости урожайности от управляемых факторов учитывать влияние случайных факторов тепло- и влагообеспеченности.

Библиографический список

1. Арланцева Е.Р., Храмой В.К. Продукционные функции культур для планирования интенсивности отрасли // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2008. № 4. – с. 28–32.
2. Кардаш В.А. Экономика оптимального погодного риска в АПК (теория и методы) – М.: Агропромиздат, 1989. – 166 с.
3. Литвак Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям – М.: Агропромиздат, 1990. – 220 с.
4. Лыков А.М., Туликов А.М. Практикум по земледелию с основами почвоведения – М.: Агропромиздат, 1985. – 207 с.
5. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур: Учебное пособие / Муха В.Д., Кочетов И.С., Муха Д.В., Пелипец В.А. – М.: МСХА, 1994. – 251 с.
6. Швер Ц.А., Неушкина А.И. Климат Калуги – Л: Гидрометеиздат, 1989. – 126 с.

IDENTIFICATION OF TYPICAL WEATHER CONDITIONS IN STATISTICAL OBSERVATIONS TO SIMULATE PRODUCTION FUNCTIONS OF WINTER WHEAT

YE.R. ARLANTSEVA, V.K. KHRAMOY

(Russian Timiryazev State Agrarian University, Kaluga Branch)

The paper deals with the issue of building a regression model of winter wheat yield depending on heat and moisture supply. Such models are recommended to be built separately for each typical outcome of random weather conditions of the growing season. The authors propose an algorithm to identify typical weather outcomes over the years of observations, divide the statistical sample into groups and further evaluate the regressions. To identify outcomes, analysis was made of hydrothermal coefficient during the critical period of plant development, as well as the deviations of average daily temperatures and the amount of precipitation over the months of the growing season.

The authors developed an algorithm in processing statistics of experiments with winter wheat, which were performed at the Kaluga Research Institute of Agriculture from 1967 to 1999. They demonstrated production functions of winter wheat depending on the levels of nitrogen nutrition, calculated for weather conditions with insufficient, normal, and excessive moisture supply. The level of nitrogen nutrition is represented by an integrated indicator of the amount of nitrogen available to plants from all sources (soil, crop-root residues of the forecrop, organic and mineral fertilizers), taking into account utilization factors.

Based on the analysis of production functions, it was shown that in the Kaluga region under conditions of normal moisture supply, the maximum yield of winter wheat of 4.75 t/ha is achieved

at a nitrogen nutrition level of 200 kg/ha; with low moisture provision, the maximum yield of 4.31 t/ha is achieved at a nitrogen supply level of 195 kg/ha, and with excessive moisture supply, the maximum yield of 4.04 t/ha is achieved at a nitrogen supply level of 175 kg/ha.

Key words: winter wheat production functions, crop yield regression models, random factors of heat and moisture availability, typical weather outcomes

References

1. *Arlantseva E.R., Khramoy V.K.* Produktsionnye funktsii kultur dlya planirovaniya intensivnosti otrasli [Using productive functions of crops for planning industry intensity] // *Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayuschikh predpriyatiy.* – 2008. N4. – Pp. 28–32. (In Russian)
2. *Kardash V.A.* *Ekonomika optimalnogo pogodnogo riska v APK (teoriya i metody)* [Economics of optimal weather risk in the agricultural sector (theory and methods)] – M.: Agropromizdat, 1989. – 166 p. (In Russian)
3. *Litvak Sh.I.* *Sistemny podkhod k agrokhimicheskim issledovaniyam* [Systematic approach to agrochemical research] – M.: Agropromizdat, 1990. – 220 p. (In Russian)
4. *Lykov A.M., Tulikov A.M.* *Praktikum po zemledeliyu s osnovami pochvovedeniya* [Workshop on agriculture with the basics of soil science] – M.: Agropromizdat, 1985. – 207 p. (In Russian)
5. *Osnovy programmirovaniya urozhaynosti selskokhozyaystvennykh kultur: Uchebnoe posobie* [Fundamentals of programming crop yields: Study manual] / Mukha V.D., Kochetov I.S., Mukha D.V., Pelipets V.A. – M.: MSKhA, 1994. – 251 p. (In Russian)
6. *Shver Ts.A., Neushkina A.I.*, *Klimat Kalugi* [The climate of the Kaluga region] – L: Gidrometeoizdat, 1989. – 126 p. (In Russian)

Арланцева Елена Руслановна – доцент кафедры высшей математики и экономической кибернетики, к.э.н. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал, 248007, Россия, Калужская обл., г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27. E-mail: arlanceva@gmail.com, тел.: +7961 126 64 23.

Храмой Виктор Кириллович – зав. кафедрой агрономии, д.с.-х.н., профессор. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужский филиал, 248007, Россия, Калужская обл., г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27. E-mail: v.hramoy@yandex.ru, тел.: 8 (4842) 72 50 24.

Yelena R. Arlantseva – PhD (Econ), Associate Professor, the Department of Higher Mathematics and Economic Cybernetics. Russian Timiryazev State Agrarian University, Kaluga Branch. 248007, Russia, Kaluga, Vishnevskogo Str., 27. E-mail: arlanceva@gmail.com, phone: +7961 126 64 23.

Viktor K. Khramoy – DSc (Ag), Professor, Head of the Agronomy Department, Russian Timiryazev State Agrarian University, Kaluga Branch. 248007, Kaluga, Vishnevskogo Str., 27. E-mail: v.hramoy@yandex.ru, phone: 8 (4842) 72 50 24.