

6. Pakhomya O.G., Tatarintsev L.M. Teoreticheskie i metodologicheskie voprosy modelirovaniya pochvennogo plodorodiya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2004. – № 4 (16). – S. 176-179.

7. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Vlasova T.V. Modelirovanie sovremennogo zemlepolzovaniya v sukhoy stepi: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – 103 s.



УДК 631.559:633.111.1(571.150)

Л.В. Соколова, В.И. Беляев  
L.V. Sokolova, V.I. Belyayev

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

### FORECASTING MODEL OF SPRING SOFT WHEAT YIELD IN TEMPERATE ARID FOREST-OUTLIER STEPPE OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** информационно-логический анализ, модель прогнозирования урожайности, яровая мягкая пшеница, умеренно засушливая колючая степь Алтайского края.

Получение высоких урожаев яровой мягкой пшеницы – основной сельскохозяйственной культуры, возделываемой в Алтайском крае, является первоочередной задачей. Перепады погодных условий вегетационного периода, высокая степень деградированности почв и другие факторы отрицательно сказываются на продуктивности растений и создают сложности для прогнозирования количества урожая. Цель работы – создание модели прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колючей степи Алтайского края. Предлагаемая нами модель, основанная на результатах 10 лет исследований, позволит достаточно точно делать прогнозы уже в конце июня. Знание наиболее влияющих изменяемых (не природных) факторов позволит заранее создать хорошую базу для реализации потенциально возможного урожая в случае благоприятных погодных условий вегетации. Результаты показали, что на урожайность яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колючей степи Алтайского края наибольшее влияние оказывают природные почвенно-климатические факторы ( $K_{эф.} = 0,191-0,194$ ). Содержание воды в почве в слое 0-100 см как отдельно взятый фактор, влияющий на урожайность, находится на втором месте ( $K_{эф.} = 0,091-0,101$ ). Изменяемые факторы – сроки посева, предшествующие культуры, группы спелости сортов и глубина заделки семян – находятся на третьем месте ( $K_{эф.}$  составляет от 0,057 до 0,018). При попадании значений всех указанных факторов в границы состояний, при которых достигается максимальный ранг урожайности, она может составлять 2,10-3,49 т/га (4-5-й ранг). Совпадение рангов расчетной урожайности с фактической в 63,6% однозначно позволяет рекомендовать предлагаемую модель для прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в уме-

ренно засушливой колючей степи Алтайского края в тех случаях, когда не планируется применение удобрений и средств защиты растений.

**Keywords:** information-logical analysis, yield forecasting model, spring soft wheat, temperate arid forest-steppe of the Altai Region.

Obtaining high yields of spring soft wheat – the major agricultural crop grown in the Altai Region – is a top priority. Weather variations during the growing season, high degree of soil degradation and other factors negatively affect the productivity of plants and create difficulties for forecasting the quantity of the yield. The research goal is to develop a forecasting model of spring soft wheat yield in temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region. The proposed model based on 10-year long research will enable making forecasts as early as the end of June. The knowledge of the most influential changeable (non-natural) factors will make it possible in advance to create a good foundation for the realization of crop potential in case of favorable weather conditions for wheat growth. It has been found that spring soft wheat yield in the temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region is mostly affected by natural soil-climatic factors ( $K_{ef} = 0.191 \dots 0.194$ ). The water content in the soil layer of 0-100 cm as a single factor affecting the yield is in the second place ( $K_{ef} = 0.091 \dots 0.101$ ). Changeable factors as sowing dates, forecrops, ripening groups of varieties and sowing depth are in the third place ( $K_{ef}$  value is from 0.057 to 0.018). If all of these factors fall into the state boundaries at which the maximum yield level is reached, it can be 2.10 ... 3.49 t ha (4-5 ranks). The coincidence of the ranks of the calculated yields with the actual yield of 63.6% clearly allows us recommending the proposed model to forecast the spring soft wheat yields in the temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region in cases where application of fertilizers and plant protection products is not planned.

**Соколова Людмила Валерьевна**, к.с.-х.н., доцент, каф. ботаники, физиологии растений и кормопроизводства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-08. E-mail: l.v.sokol@mail.ru.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., проф., зав. каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

**Sokolova Lyudmila Valeryevna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Botany, Plant Physiology and Forage Production, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-08. E-mail: l.v.sokol@mail.ru.

**Belyayev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

### Введение

Получение высоких урожаев яровой мягкой пшеницы – основной сельскохозяйственной культуры, возделываемой в Алтайском крае, является первоочередной задачей. Перепады погодных условий вегетационного периода, высокая степень деградированности почв и другие факторы отрицательно сказываются на продуктивности растений и создают сложности для прогнозирования количества урожая. Существующие модели прогнозирования урожайности в большинстве своем основываются либо на среднеклиматических показателях, что приводит к слишком общим прогнозам, либо на результатах полного почвенного обследования, что часто не представляется возможным осуществить на полях хозяйств по экономическим причинам [1, 2]. Предлагаемая нами модель, основанная на результатах 10 лет исследований, позволит достаточно точно прогнозировать урожайность яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края уже в конце июня. Знание наиболее влияющих изменяемых (не природных) факторов позволит заранее создать хорошую базу для реализации потенциально возможного урожая в случае благоприятных погодных условий вегетации. Для выбора факторов, максимально влияющих на урожайность яровой мягкой пшеницы в производстве, нами был проведен информационно-логический анализ. **Цель** работы – создание модели прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

### Объекты и методы

В качестве объектов изучения были выбраны производственные посевы яровой мягкой пшеницы, возделываемой в 6 хозяйствах умеренно засушливой колочной степи Алтайского края в 2005-2014 гг. [3], на которых не проводилось ни внесение удобрений, ни применение средств защиты растений.

Для оценки степени влияния различных факторов на урожайность яровой мягкой

пшеницы нами был использован информационно-логический метод анализа данных, позволяющий оценить тесноту связи урожайности с исследуемыми показателями и построить математическую модель ее прогнозирования. Положение фактора в формуле определяется по значению коэффициента эффективности передачи информации. На первое место по степени влияния на урожайность ставится показатель, имеющий наибольшее значение данного коэффициента [1, 2, 4, 5].

В качестве влияющих факторов были проанализированы следующие:

- почвенно-климатическая зона – Приобская и Восточно-Кулундинская зоны умеренно засушливой колочной степи Алтайского края;
- содержание воды в почве в слое 0-100 см в III декаде апреля, мм;
- содержание воды в почве в слое 0-100 см во II декаде июня, мм;
- ГТК<sub>1</sub> – гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова за период май-июнь;
- предшествующие культуры – зерновые, бобовые и пропашные культуры, пар;
- группы спелости высеваемых сортов яровой мягкой пшеницы – среднеранние, среднеспелые и среднепоздние;
- сроки посева – I, II и III декады мая;
- глубина заделки семян.

### Результаты и их обсуждение

Для модели расчета урожайности яровой мягкой пшеницы нами были рассчитаны значения коэффициента эффективности передачи информации  $K_{эф.}$  (табл.). Предварительно все исследуемые факторы, и урожайность в том числе, были проранжированы исходя из размаха их вариации. Результаты проведенных расчетов показали, что не все факторы, влияющие на урожайность яровой мягкой пшеницы, имеют одинаковое значение. Гидротермический коэффициент периода май-август ГТК<sub>2</sub> ( $K_{эф.}=0,194$ ) не был взят в формулу, поскольку прогнозирование урожайности необходимо ежегодно осуществлять как можно раньше.

Степень связи урожайности яровой мягкой пшеницы с факторами, обладающими максимальными значениями коэффициента эффективности передачи информации  $K_{эф}$ .

Фактор	Обозначение	Коэффициент эффективности передачи информации $K_{эф}$ .	Состояние фактора, при котором ранг урожайности максимален	Ранг урожайности	Урожайность, т/га
Почвенно-климатическая зона	З	0,194	Восточно-Кулундинская	4	2,10-2,79
ГТК <sub>1</sub>	ГТК <sub>1</sub>	0,191	0,80-0,99	5-6	2,80-3,50 и более
Содержание воды в почве в слое 0-100 см во II декаде июня	В <sub>2</sub>	0,101	300-350 мм	5	2,80-3,49
Содержание воды в почве в слое 0-100 см перед посевом	В <sub>1</sub>	0,091	300-350 мм	5	2,80-3,49
Сроки посева	СП	0,078	II-III декады мая	3-4	1,40-2,79
Предшественники	Пр	0,057	пар	4-5	2,10-3,49
Группы спелости сортов	ГС	0,048	среднепоздние	4-5	2,10-3,49
Глубина заделки семян	ГЗС	0,018	5,0-7,5 см	3-4	1,40-2,79

Таким образом, уравнение зависимости урожайности яровой мягкой пшеницы от перечисленных факторов будет выглядеть следующим образом:

$$У = 3 \times ГТК_1 \times (В_2 \times В_1 \times (СП \times (Пр \times ГС \times ГЗС)))$$

В случае попадания значений всех указанных факторов в границы состояний, при которых достигается максимальный ранг урожайности, она может составлять 2,10-3,49 т/га (4-5-й ранг).

Верификация данной модели показала, что совпадение рангов расчетной урожайности с фактической составляет 63,6% (266 полей из 418), а попадание расчетной урожайности в рамки  $\pm 1$  ранг от фактической составляет 91,4% (382 поля из 418), что однозначно позволяет рекомендовать её для прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

### Выводы

1. На урожайность яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края наибольшее влияние оказывают природные почвенно-климатические факторы ( $K_{эф}=0,191-0,194$ ).

2. Содержание воды в почве в слое 0-100 см как отдельно взятый фактор, влияющий на урожайность, находится на втором месте ( $K_{эф}=0,091-0,101$ ).

3. Изменяемые факторы – сроки посева, предшествующие культуры, группы спелости сортов и глубина заделки семян – находятся на третьем месте ( $K_{эф}$  составляет от 0,057 до 0,018).

4. При попадании значений всех указанных факторов в границы состояний, при которых достигается максимальный ранг урожайности, она может составлять 2,10-3,49 т/га (4-5-й ранг).

5. Совпадение рангов расчетной урожайности с фактической в 63,6% однозначно позволяет рекомендовать предлагаемую модель для прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края в тех случаях, когда не планируется применение удобрений и средств защиты растений.

### Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 200 с.
2. Пивоварова Е.Г. Статистический анализ данных почвенно-агробиологических исследований: учебно-методическое пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – 49 с.
3. Соколова Л.В., Беляев В.И. Водный режим почвы и урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от предшественников в умеренно засушливой колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного университета.

дарственного аграрного университета. – 2017. – № 11 (157). – С. 56-63.

4. Пузаченко Ю.Т., Карпачевский И.О., Взнуздаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М.: Наука, 1970. – С. 103-121.

5. Овцинов В.И., Совриков А.Б. Экономико-математические методы и моделирование: применение в почвенно-агрохимических исследованиях, землеустройстве и кадастре. Часть I. Математические методы оценки качества и подготовки информации к моделированию: методические указания к лабораторным занятиям. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 34 с.

#### References

1. Burlakova L.M. Plodorodie Altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 200 s.

2. Pivovarova E.G. Statisticheskiy analiz dannykh pochvenno-agrokhimicheskikh issledo-

vaniy: uchebno-metodicheskoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2011. – 49 s.

3. Sokolova L.V., Belyaev V.I. Vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost yarovoy myagkoy pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov v umerenno zasushlivoy kolochnoy stepi Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 11 (157). – С. 56-63.

4. Puzachenko Yu.T., Karpachevskiy I.O., Vznuzdaev N.A. Vozmozhnosti primeneniya informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniya svoystv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniya. – М.: Nauka, 1970. – С. 103-121.

5. Ovtsinov V.I., Sovrikov A.B. Ekonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie: primeneniye v pochvenno-agrokhimicheskikh issledovaniyakh, zemleustroystve i kadastre. Chast I. Matematicheskie metody otsenki kachestva i podgotovki informatsii k modelirovaniyu: metodicheskie ukazaniya k laboratornym zanyatiyam. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2007. – 34 s.

