

Vasil'ev // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 4(11). – S. 44-51. – DOI 10.17022/dr4k-t109. – EDN LPRWQI.

6. Kosourov, YU. F. Melioraciya i hozyajstvennoe osvoenie erodirovannyh balochnyh i krutosklonnyh zemel' Bashkirii / YU. F. Kosourov // Monografiya. – Ufa, 1996. – 164 s.

7. Kormshchikov, A. D. Tekhnika i tekhnologii dlya sklonovyh zemel' / A. D. Kormshchikov // Monografiya. – Kirov, 2003. – 297 s.

8. Kuvshinov, N. M. Optimizaciya agrofizicheskikh svojstv seryh lesnyh pochv pod sel'skohozyajstvennye kul'tury / N. M. Kuvshinov // Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK: materialy XV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – Bryansk : Bryanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. – S. 89-94.

9. Kuvshinov, N. M. Resursoberezenie kak element sistemy obrabotki pochvy / N. M. Kuvshinov // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2017. – T. 48, № 1. – S. 140-144.

10. Kuvshinov, N. M. Agrofizicheskie faktory pochvennogo plodorodiya seryh lesnyh pochv dlya vedushchih sel'skohozyajstvennyh kul'tur Nechernozemnoj zony Rossii i ih regulirovanie v usloviyah intensivnogo zemledeliya: dissertaciya doktora sel'skohozyajstvennyh nauk / N. M. Kuvshinov; Moskovskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva «Nemchinovka». – Nemchinovka, 1996.

11. Kuvshinov, N. M. V zavisimosti ot agrofizicheskogo sostoyaniya pochvy / N. M. Kuvshinov // Kukuruza. – 1995. – № 3. – S. 2-3.

12. Kuvshinov, N. M. Optimizaciya agrofizicheskikh svojstv pochv pod sel'skohozyajstvennye kul'tury / N. M. Kuvshinov // Agrarnaya nauka. - 1994. - № 6. - S. 56-57.

13. Lozhkin, A. G. Monitoring fizicheskogo sostoyaniya seryh lesnyh pochv pri sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii / A. G. Lozhkin, A. V. Chernov, V. G. Egorov // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. – 2018. – № 5 (160). – S. 57-62.

14. Lozhkin, A. G. Effektivnost' primeneniya biopreparatov pri vozdeystvovanii yachmenya / A. G. Lozhkin, I. P. Eliseev, O. A. Vasil'ev // Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK : materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Bryansk, 21 marta 2019 goda. – Bryansk: Bryanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. – S. 196-200. – EDN UKWJNL.

15. Lopyrev, M. I. Ohrana zemel' ot erozii i ohrana prirody / M. I. Lopyrev, E. I. Ryabov : monografiya. – Moskva : Agropromizdat, 1989. – 239 s.

16. Organizaciya rabot po ohrane pochv ot vodnoj erozii v Chuvashskoj ASSR / pod red. S. M. Islyukova. – CHEboksary : Chuvashskoe knizhnoe izd-vo, 1983. – 222 s.

17. Tihonov, A. S. Othody biogazovoj ustanovki - netradicionnoe organicheskoe udobrenie / A. S. Tihonov, N. A. Fadeeva, O. A. Vasil'ev // Molodezh' i innovacii : materialy XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, CHEboksary, 14–15 marta 2019 goda. – CHEboksary : Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2019. – S. 120-123. – EDN RCPKZZ.

18. Soil cover of the "Zaovrazhny" micro-district, cheboksary, and its ecological state / O. A. Vasiliev, V. G. Semenov, Y. A. Yuldashbayev [et al.] // Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk. – 2018. – Vol. 3. – No 430. – P. 74-78. – EDN MZGEIQ.

Information about authors

1. **Vasiliev Oleg Aleksandrovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29, e-mail: vasiloleg@mail.ru, tel. (8352) 62-06-19, 8-905-19-777-81;

2. **Vasiliev Alexander Olegovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29, e-mail: 3777222@bk.ru, tel. 8-937-3777-222.

УДК 635.07

DOI: 10.48612/vch/e97b-4621-6zxt

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О. Г. Васильева, Е. А. Деревянных, Н. Н. Морозова, И. В. Лукина

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Урожайность агрокультур является важнейшим индикатором уровня интенсификации сельскохозяйственного производства. Повышение урожайности – основной путь к увеличению производства продукции растениеводства. Прогнозирование урожайности является основой для принятия инвестиционных решений в сельском хозяйстве, необходимым этапом планирования всего процесса сельскохозяйственного

производства. Однако в силу воздействия большого числа неуправляемых и, более того, непредсказуемых факторов, прогнозирование урожайности остается трудно решаемой задачей. Вместе с тем существуют антропогенные факторы, отражающие уровень развития агротехнологий, существенно влияющие на урожайность, управление которыми позволяет максимально использовать резервы генетического потенциала агрокультуры. Оптимальным подходом к моделированию зависимости урожайности от данных факторов является использование методов корреляционно-регрессионного анализа [9], [10]. На основе изучения динамики урожайности по видам культур (на примере Чувашской Республики) за 2011-2020гг. выявлены основные тенденции последнего десятилетия. Осуществлена оценка связи урожайности и количеством внесенных минеральных удобрений, которые содержат все необходимые элементы питания растений. Также изучено влияние фактора времени, отражающего совокупное влияние прочих антропогенных факторов. Получение адекватных уравнений регрессии позволило осуществить прогнозирование урожайности при различном уровне внесенных удобрений с высоким уровнем надежности.

Ключевые слова: сельское хозяйство, растениеводство, Чувашская Республика, эконометрическое моделирование, факторы урожайности, прогнозирование.

Введение. С 2014 года в России планомерно решается задача импортозамещения продовольственной продукции на продукцию отечественного производства [6]. При высоком уровне государственной поддержки и учитывая рыночные возможности, открывшиеся от введения эмбарго на ряд импортных продовольственных товаров в 2014 году, данная задача в целом была решена успешно. Самообеспеченность по основным позициям достигла более 80%, за исключением видов продукции, не произрастающей в России [5].

Чувашская Республика как аграрный регион также успешно решила задачу импортозамещения [2], [3] при помощи активной государственной поддержки [7]. Сельское хозяйство Чувашии с 2014 года имело только положительные темпы прироста производства продукции, активно наращивало экспортный потенциал [8]. Для анализа динамики урожайности в регионе использованы данные Чувашстата за 10-летний период (2011-2020гг.) [11]. Выбор в качестве начала периода 2011 года объясняется тем, что 2010 год целесообразнее не использовать в расчетах, чтобы исключить искажение средних показателей за ряд лет, в силу аномально низких значений урожайности в 2010 году по причине сильнейшей засухи.

За рассматриваемый период значительно изменилась структура целевого использования пахотных земель. Общая площадь под посевами за десять лет уменьшилась на 5%. При этом площадь под зерновыми и зернобобовыми культурами увеличилась на 15%, под техническими культурами увеличилась почти в 5 раз, под кормовыми культурами уменьшилась на 18,5%, под картофелем и овощебахчевыми культурами уменьшилась более чем в 2 раза (на 57,5%). В то же время валовый сбор зерна вырос за тот же период на 69%, а валовый сбор картофеля уменьшился на 58,5%, то есть очевиден существенный скачок в урожайности зерновых.

Россия за 10 лет удвоила экспорт и вышла в мировые лидеры по экспорту зерновых. Сельскохозяйственные организации совершенствуют аграрные технологии, добиваясь роста урожайности, налаживают экспортные потоки. В Чувашии около 70% зерна производится в сельскохозяйственных организациях. Доля пшеницы в общем объеме зерновых имеет тенденцию к росту и составила в 2020 году 68%. Производство же картофеля и овощей, напротив, сосредоточено в хозяйствах населения, в 2020 году – 63% и 68% соответственно. В рассматриваемый период урожайность по различным видам сельхозпродукции не демонстрировала общей динамики (рисунок 1).

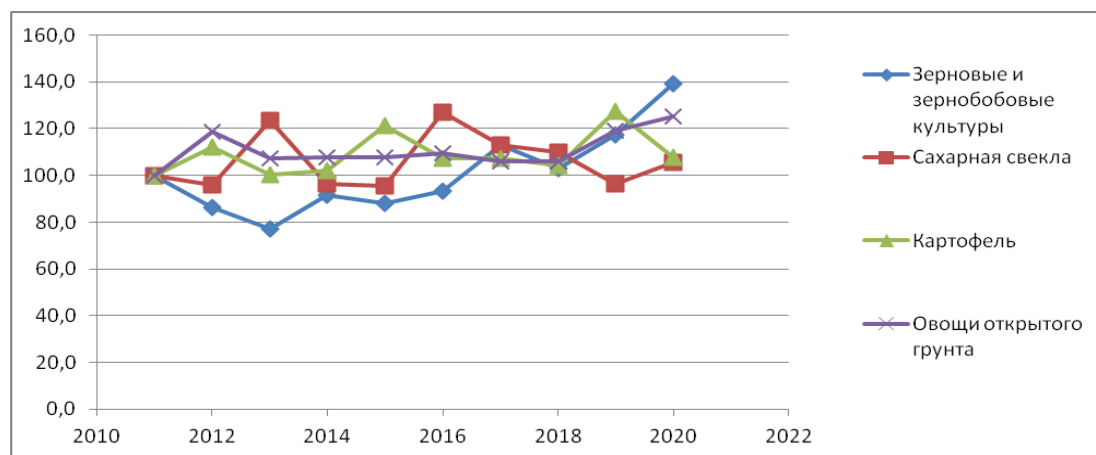


Рис. 1. Урожайность по видам сельскохозяйственных культур в Чувашской Республике, в % к уровню 2011 года

Как следует из визуального анализа рисунка 1, урожайность картофеля и сахарной свеклы не имела четкой тенденции, колеблясь около некоторого постоянного уровня. Урожайность овощных культур повысилась в 2019 и 2020 году, до этого оставаясь много лет практически на одном уровне. В то же время наиболее явная тенденция просматривается с урожайностью зерновых, начиная с 2013 года произошел существенный рост (рисунок 2). С учетом того, что природные факторы на различные виды сельхозкультур воздействуют в целом сходным образом, подобный рост можно объяснить только существенным влиянием ряда антропогенных факторов.

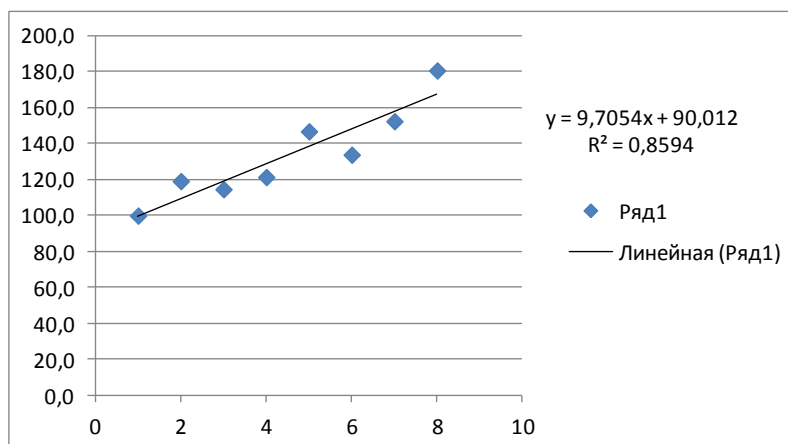


Рис. 2. Урожайность зерновых в Чувашии в 2013-2020 гг., в % к уровню 2013 года

Как следует из рисунка 2, динамика роста урожайности зерновых (y) в % к уровню 2013 года хорошо описывается с помощью линейной модели временного ряда, где t (годы). 2013 год рассматривается как базисный, ему соответствует $t=1$. Согласно полученному линейному уравнению регрессии $y=9,7t+90$, то есть ежегодно урожайность возрастает почти на 10% к уровню 2013 года. Коэффициенты уравнения значимы и коэффициент детерминации достаточно высок (0,86), что говорит о высоком качестве модели. Это доказывает, что рост урожайности не имеет случайного характера, а имеет место наличие долгосрочного тренда. Природные факторы (почвенно-климатические условия, количество осадков, ФАР и др.) являются неуправляемыми, их влияние тесно связано со случайным характером природных явлений. К основным антропогенным, и соответственно, регулируемым, факторам относятся: количество удобрений, технологии ухода, сортовой состав, своевременность выполнения работ, трудовые затраты. Возникает задача выявления из них основного фактора (основных факторов). Формирование комплекса управляющих воздействий на регулируемые факторы определяет достижение программируемого уровня урожайности.

Материалы и методы исследования. Очевидно, что по большей части регулируемых факторов не имеется соответствующих статистических данных на уровне региона. В то же время агротехнологии совершенствуются, и с течением времени они влияют на увеличение урожайности, причем данный процесс протекает весьма инерционно, поэтому совокупное действие этих факторов оптимально моделировать с помощью переменной «время». Считается, что одним из главных факторов внешней среды, влияющих на урожайность, является количество внесенных удобрений (органических и минеральных). Органические удобрения, как показывает статистика, на данном этапе вносятся в небольших количествах, в то же время интенсификация производства достигается именно за счет использования минеральных удобрений.

Многочисленные исследования неоднократно подтверждали, что удобрения – основной фактор получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, улучшения агрохимических, физико-химических, физических и иных свойств почвы [1], [4]. Развитые страны используют удобрения в больших количествах. При среднем уровне внесения минеральных удобрений на 1 га пашни в мире на уровне 98 кг страны первой десятки достигли следующего уровня: Малайзия – 630 кг/га, Голландия – 570, Корея – 534, Иордания – 520, Бельгия – 429, Египет – 426, Новая Зеландия – 424, Япония – 396, Великобритания – 365, Колумбия – 297. В Китае уровень применения минеральных удобрений повысился до 270 кг/га при урожайности зерновых более 40 ц/га. В США применяется около 150 кг/га при урожайности зерновых 50 ц/га. В России сельхозпредприятия также активно наращивают данное направление интенсификации производства, но очень далеки от уровня развитых стран.

Внесение органических удобрений в Чувашии находится на уровне порядка 3 кг на один гектар пашни, удельный вес удобренной ими пашни достигает около 20%. Минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) внесено в 2020 году в среднем 52 кг на 1 гектар пашни, причем удельный вес удобренной площади достиг 71%. В 2011 году данные показатели составляли соответственно 28 кг и 45%, то есть рост за десятилетие оказался весьма значительным.

С помощью корреляционного анализа определена теснота связи между урожайностью и двумя факторами: количеством внесенных удобрений и фактором времени, отражающим уровень развития агротехнологий. Обработка данных осуществлялась с использованием статистических функций и диаграмм MS Excel [10].

Исследование показало, что коэффициент корреляции между урожайностью (y , тонн/га) и внесением минеральных удобрений (x , кг/га) в Чувашской Республике для зерновых составляет 0,95, то есть связь очень тесная, в то же время для картофеля он составил всего 0,46, что говорит о наличии умеренной связи. То есть внесение минеральных удобрений эффективнее отражается на урожайности зерновых, чем картофеля.

Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых и фактором времени за десятилетний период составил 0,77, что также свидетельствует о наличии сильной связи. В регрессионную модель можно было бы включить оба фактора (внесение минеральных удобрений и время), но они между собой сильно коррелированы, т.е. нарушаются предпосылки метода наименьших квадратов, положенного в основу регрессионного анализа. Поэтому моделирование показателя урожайности зерновых наилучшим образом будет описано с помощью однофакторного уравнения $y=0,35x+8,8$ (рисунок 3).



Рис. 3. Зависимость урожайности в Чувашской Республике y (ц/га) от количества внесенных минеральных удобрений x (кг/га)

Качество уравнения очень высоко, коэффициент детерминации равен 0,89, то есть изменение переменной x на 89% объясняет вариацию переменной y . Из уравнения следует, что внесение дополнительного 1 кг удобрений на 1 га пашни приводит к увеличению урожайности на 0,35 ц с гектара. Однако известно, что избыточное внесение удобрений (превышение физиологической потребности в питательных элементах) не件лезно, а вредно как для растений, так и для почвы и экологии. То есть дальнейшее увеличение показателя целесообразно до некоторого оптимального уровня, который пока не достигнут, если сравнивать с показателями развитых стран.

Для уровня надежности 0,9 был осуществлен точечный и интервальный прогноз значений показателя урожайности от величины внесенных минеральных удобрений для $x=70$, $x=75$ и $x=80$ (кг/га). Результаты представлены в таблице 1. Точность прогноза составляет порядка 11%, что является достаточно хорошим показателем.

Из прогноза следует, что если увеличить количество внесенных удобрений до 70 кг/га, то уровень урожайности составит 33,5 ц/га, а если увеличить до 75 кг/га, то урожайность повысится до 35,2 ц/га, для $x=80$ кг/га точечный прогноз составит 37 кг.

Таблица 1 – Прогноз урожайности зерновых от количества внесенных минеральных удобрений

Внесение минеральных удобрений, x кг/га	Точечный прогноз урожайности, $y=b_0+b_1x$ ц/га	Интервальный прогноз урожайности, ц/га			
		Полуширина доверительного интервала	Нижняя граница прогноза	Верхняя граница прогноза	Относительная погрешность прогноза, %
70	33,46	3,61	29,86	37,07	10,8%
75	35,22	3,89	31,34	39,11	11,0%
80	36,98	4,18	32,80	41,17	11,3%

Таким образом, нами доказана очень тесная связь между количеством внесенных удобрений и урожайностью зерновых культур, что обосновывает целесообразность дальнейшего увеличения урожайности путем увеличения количества внесенных удобрений. Однако, усиливая интенсификацию производства за счет минеральных удобрений, необходимо учитывать, что многие страны уже осознают экологические последствия данного пути и переходят к стратегии адаптивной идентификации, характеризующейся биологизацией и экологизацией интенсификационных процессов.

Выводы. На основании данных Чувашстата за 2010-2020 годы доказано наличие очень тесной связи между количеством внесенных минеральных удобрений x (кг/га) и урожайностью зерновых культур в весе после доработки y (ц/га). С использованием статистических функций и диаграмм MS Excel было получено линейное уравнение $y=0,35x+8,8$, которое обосновывает целесообразность дальнейшего увеличения урожайности путем увеличения количества внесенных удобрений. Осуществлен точечный и интервальный прогноз (с надежностью 0,9) урожайности для значений $x=70; 75; 80$.

Очевидно, что важным является не только количество внесенных удобрений, но и их качественный состав, который должен подбираться с учетом текущего состояния почвы. Естественно, что повышение количества внесенных удобрений целесообразно лишь до определенного уровня, однако, с учетом опыта зарубежных стран, резервы роста очень велики. Минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) в Чувашской Республике внесено в 2020 году в среднем 52 кг на 1 гектар пашни, при среднемировом уровне – 98 кг, а уровень стран первой десятки по этому показателю – 300 кг и выше. Однако, усиливая интенсивность производства за счет увеличения внесения минеральных удобрений, необходимо учитывать возможные экологические проблемы, то есть придерживаться стратегии адаптивной идентификации.

Литература

1. Аль Майди, Али Аббас Хашим. Пути увеличения и повышения эффективности производства зерна / Али Аббас Хашим Аль Майди // Молодой ученый. – 2015. – № 4(84). – С.296-299.
2. Васильева, О. Г. О динамике производства сельскохозяйственной продукции в Чувашской Республике / О. Г. Васильева // Актуальные вопросы теории и практики вузовской науки: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию Чебоксарского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации. – Чебоксары, 2017. – С. 145-150.
3. Васильева, О. Г. Тенденции и проблемы развития сельскохозяйственного производства в Чувашской Республике / О. Г. Васильева, О. В. Литвинова, П. А. Фисунов // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник материалов V Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 650-655.
4. Вильдфлуш, И. Р. Агрехимия. Удобрения и их применение в современном земледелии : учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки : БГСХА, 2019 – 405 с.
5. Галиев, Р. Р. Детерминанты продовольственного самообеспечения России и доступность продуктов питания / Р. Р. Галиев, Х. Д. Аренс // Проблемы прогнозирования. – 2021. – №3. – С. 41-53.
6. Кузнецова, Г. В. Импортзамещение : предварительные итоги политики за пять лет / Г. В. Кузнецова, Цедилин Л. И. // Российский внешнеэкономический вестник. – 2019. – № 10. – С. 7-25.
7. Литвинова, О. В. Развитие системы государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей в регионе / О. В. Литвинова, О. Г. Васильева // Учет, анализ и аудит в условиях цифровой экономики : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 326-332.
8. Литвинова, О. В. Экспортный потенциал предприятий АПК Чувашской республики / О. В. Литвинова, О. Г. Васильева // Современная аграрная экономика: проблемы и перспективы в условиях развития цифровых технологий : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2019. – С. 160-165.
9. Степанов А. С., Асеева Т. А., Дубровин К. Н. Построение и оценка точности регрессионных моделей для определения урожайности зерновых и зернобобовых культур на основе данных дистанционного зондирования Земли и климатических характеристик ИнтерКарто. ИнтерГИС. // Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : материалы Международной конференции. – Москва : Издательство Московского университета, 2020. – Т. 26, Ч. 3. – С. 159-169.
10. Цвиль М. М. Эконометрический анализ и моделирование в сельском хозяйстве / М. М. Цвиль, В. Е. Шумилина // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4. – С. 11.
11. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.chuvash.gks.ru>.

Сведения об авторах

1. **Васильева Ольга Геннадьевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: olech.vasiljeva@yandex.ru, тел. 8-919-670-43-97;

2. **Деревянных Евгения Анатольевна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: jane-evgeniya@yandex.ru, тел. 89053450435;

3. **Морозова Надежда Ниловна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: n.m.0107@mail.ru, тел. 89370165710;

4. **Лукина Ирина Васильевна**, аспирант, старший преподаватель кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 29, e-mail: iv_rabota@inbox.ru, тел. 89278478408.

REGRESSION MODELS FOR FORECASTING CROP YIELD

O. G. Vasileva, E. A. Derevyannykh, N. N. Morozova, I. V. Lukina

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Brief abstract. *The yield of agricultural crops is the most important indicator of the level of intensification of agricultural production. Increasing yields is the main way to increase crop production. Yield forecasting is the basis for making investment decisions in agriculture, a necessary stage of planning the entire process of agricultural production. However, due to the impact of a large number of uncontrollable and, moreover, unpredictable factors, forecasting yields remains a difficult task to solve. At the same time, there are anthropogenic factors that reflect the level of development of agricultural technologies, significantly affecting yields, the management of which makes it possible to maximize the use of reserves of the genetic potential of agriculture. The optimal approach to modeling the dependence of yield on these factors is the use of correlation and regression analysis methods [10], [11]. Based on the study of yield dynamics by crop types (on the example of the Chuvash Republic) for 2011-2020, the main trends of the last decade have been identified. An assessment of the relationship between the yield and the amount of mineral fertilizers applied, which contain all the necessary plant nutrition elements, was carried out. The influence of the time factor reflecting the cumulative influence of other anthropogenic factors has also been studied. Obtaining adequate regression equations made it possible to predict yields at different levels of fertilizers applied with a high level of reliability.*

Keywords: *agriculture, crop production, Chuvash Republic, econometric modeling, yield factors, forecasting.*

References

1. Al' Majdi, Ali Abbas Hashim. Puti uvelicheniya i povysheniya effektivnosti proizvodstva zerna / Ali Abbas Hashim Al' Majdi // Molodoj uchenyj. – 2015. – № 4(84). – S.296-299.
2. Vasil'eva, O. G. O dinamike proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii v CHuvashskoj Respublike / O. G. Vasil'eva // Aktual'nye voprosy teorii i praktiki vuzovskoj nauki: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 55-letiyu CHEboksarskogo kooperativnogo instituta (filiala) Rossijskogo universiteta kooperacii. – CHEboksary, 2017. – S. 145-150.
3. Vasil'eva, O. G. Tendencii i problemy razvitiya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v CHuvashskoj Respublike / O. G. Vasil'eva, O. V. Litvinova, P. A. Fisunov // Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii : sbornik materialov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary, 2021. – S. 650-655.
4. Vil'dflush, I. R. Agrohimiya. Udobreniya i ih primeneniye v sovremennom zemledelii : uchebno-metodicheskoe posobie / I. R. Vil'dflush, V. V. Lapa, O. I. Mishura; pod red. I. R. Vil'dflusha. – Gorki : BGSKHA, 2019 – 405 s.
5. Galiev, R. R. Determinanty prodovol'stvennogo samoobespecheniya Rossii i dostupnost' produktov pitaniya / R. R. Galiev, H. D. Arens // Problemy prognozirovaniya. – 2021. – №3. – S. 41-53.
6. Kuznecova, G. V. Importozameshchenie : predvaritel'nye itogi politiki za pyat' let / G. V. Kuznecova, Cedilin L. I. // Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik. – 2019. – № 10. – S. 7-25.
7. Litvinova, O. V. Razvitie sistemy gosudarstvennoj podderzhki sel'hoztovaroproizvoditelej v regione / O. V. Litvinova, O. G. Vasil'eva // Uchet, analiz i audit v usloviyah cifrovoj ekonomiki : materialy Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary, 2018. – S. 326-332.
8. Litvinova, O. V. Eksportnyj potencial predpriyatij APK CHuvashskoj respubliky / O. V. Litvinova, O. G. Vasil'eva // Sovremennaya agrarnaya ekonomika: problemy i perspektivy v usloviyah razvitiya cifrovyyh tekhnologij : materialy Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. CHEboksary, 2019. – S. 160-165.
9. Stepanov A. S., Aseeva T. A., Dubrovin K. N. Postroeniye i ocenka tochnosti regressiionnyh modelej dlya opredeleniya urozhajnosti zernovyh i zernobobovyh kul'tur na osnove dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli i klimaticeskikh harakteristik InterKarto. InterGIS. // Geoinformacionnoye obespecheniye ustojchivogo razvitiya territorij : materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Moskva : Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2020. – T. 26, CH. 3. – S. 159-169.

10. Cvil' M. M. Ekonometricheskij analiz i modelirovanie v sel'skom hozyajstve / M. M. Cvil', V. E. SHumilina // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2014. – № 4. – S. 11.

11. Oficial'nyj sajт Territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po CHuvashskoj Respublike, [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.chuvash.gks.ru>.

Informations about authors

1. **Vasilyeva Olga Gennadyevna**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: olech.vasiljeva@yandex.ru, tel. 89196704397;

2. **Derevyannykh Evgenia Anatolyevna**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: jane-evgeniya@yandex.ru, tel. 89053450435;

3. **Morozova Nadezhda Nilovna**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: n.m.0107@mail.ru, tel. 89370165710;

4. **Lukina Irina Vasilievna**, post-graduate student, senior lecturer of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. Karl Marx, 29, e-mail: iv_rabota@inbox.ru, tel. 89278478408.

УДК 633.522:631.531.16

DOI: 10.48612/vch/u2v7-65ba-x1vv

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ НА ФИЗИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН КОНОПЛИ

В. Л. Димитриев¹, Л. Г. Шашкаров¹, В. В. Павлов²

¹Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация

²Чувашский государственный университет
428015, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В 2019-2021 годах нами были проведены исследования по хранению семян. Изучались два сорта: ЮС-6 и Диана. Хранение семян проводилось в типичном зернохранилище. Исходные показатели качества семян соответствовали первому классу, всхожесть их была 90%, влажность – 12,5%, чистота – 99,8%. В результате исследований установлено, что в производственных условиях хранения температура семян зависит от температуры воздуха. Разница между ними составляет 2-3°. В зимние месяцы она в семенах выше, а летом – ниже. В течение года влажность семян изменялась от 8 до 11% при колебании относительной влажности воздуха в пределах 65-90%. Следовательно, семена конопля обладают гигроскопической способностью, вследствие чего при обычных способах хранения их влажность со временем изменяется. Исследования показали, что для семян конопля, как масличных культур, такой процесс дыхания наблюдается только в начальный период хранения в течение полугода. Как по сорту ЮС-6, так и по сорту Диана количество поглощенного кислорода превышает количество выделившейся углекислоты. В дальнейшем дыхательный коэффициент возрастает и становится больше единицы, причем по мере увеличения продолжительности хранения увеличивается также и интенсивность дыхания. В тех семенах, которые после четырех лет полностью потеряли всхожесть, наблюдается резкое повышение интенсивности газообмена, количество поглощенного кислорода превышает количество выделившейся углекислоты. Исследованиями установлено, что с увеличением продолжительности хранения в семенах увеличивается количество свободных жирных кислот. В семенах сорта ЮС-6 за полгода хранения кислотное число составляло 1,20, после полутора лет – 1,53, после трех с половиной лет – 2,58 и после четырех с половиной лет – 23,08. Такая же закономерность наблюдается в семенах сорта Диана. При продолжительном хранении семян конопля в обычных производственных условиях в липоидной части семян усиленно развиваются разрушительные процессы, которые в конечном итоге приводят к полной потере всхожести.

Ключевые слова: конопля, семена, углерод, кислород, дыхательный коэффициент, всхожесть, кислотное число, липаза.

Введение. По содержанию жира в семенах конопля относится к масличным культурам [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Количество жира в них составляет 32-35%.