

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В ТРАВОПОЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ**О. А. Васильев, А. О. Васильев***Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Исследования проводились на среднеэродированной типично-серой лесной легкоглинистой почве в СХПК «Агат» Канашского района в 2016-2020 гг., на залежных землях. Как правило, залежные земли зарастают дикорастущими травами – вейником, осоками, пыреем и др., и реже – кустарниками и деревьями. Зарастание поверхности залежей замедляет интенсивность водно-эрозийных процессов, и за счет ежегодного накопления на поверхности и в верхней части профиля почвы продуктов распада органического вещества с зольными элементами минерального питания растений плодородие вновь начинает увеличиваться. Освоение таких земель вновь приведет к их деградации. Однако залежные земли можно эффективно использовать в производстве картофеля без применения минеральных удобрений в травопольном севообороте. Проведенные в течение пяти лет исследования показывают, что плодородие залежных земель возможно восстановить, используя зеленую массу многолетних трав в качестве удобрения картофеля в травопольном севообороте. В первый год освоения залежь распаивается поперек склона, культивируется, боронуется, и затем на ней высеваются какие-либо многолетние травы, в данном случае – люцерна посевная совместно с костром безостым. На второй год поле делится поперек склона на пять параллельных делянок, и на одной из них после подготовки почвы (вспашка, культивация с боронованием) высаживаются в лунки клубни картофеля, которые укрываются свежескошенной зеленой массой, полученной из других делянок. В каждый последующий год картофель высаживается на следующую делянку, а делянка после картофеля вновь засеивается травами. В среднем за четыре года исследований использование свежескошенных многолетних трав в качестве укрытия посадок картофеля повысило урожайность картофеля в 2 раза, по сравнению с контрольным вариантом. Агрохимические свойства почвенных проб, отобранных через месяц после уборки картофеля, значительно лучше по сравнению с контрольным вариантом: повышается содержание органического вещества, подвижного фосфора и обменного калия.

Ключевые слова: азот, биологическое земледелие, гумус, калий, картофель, костер безостый, люцерна, мезофауна, органическое вещество, серые лесные почвы, удобрение, фосфор.

Введение. Интенсивное земледелие с применением высоких доз минеральных удобрений и пестицидов в большинстве случаев приводит к снижению содержания гумуса, ухудшению почвенной структуры и в целом, уменьшению плодородия почвы и ее деградации. Особенно резко данное явление происходит на склоновых полях, на фоне водно-эрозийных процессов. Критическое снижение почвенного плодородия может привести к падению рентабельности производства продукции растениеводства и появлению залежных земель. Как показывают проведенные исследования, эродированные залежные земли экономически целесообразно вновь освоить [6], [7].

С конца 1990-х годов многие сельскохозяйственные предприятия России эксплуатировали почвенное плодородие без применения минеральных и органических удобрений, что привело к отрицательному балансу химических элементов питания растений и истощению почвы. Истощение почвенного плодородия является одним из разновидностей деградации почв и способствует появлению залежных земель.

Освоение в пашню эродированных залежных почв вновь неизбежно приведет к их деградации. Однако проведенные исследования показывают, что плодородие залежных земель возможно восстановить, используя свежескошенную зеленую массу люцерны с костром (или других многолетних трав) в качестве удобрительного материала и мульчи на посадках картофеля. Свежескошенная масса люцерны имеет богатый химический состав, и ее так же можно использовать в качестве удобрения при восстановлении плодородия эродированных серых лесных почв, как полуперепревший навоз крупного рогатого скота, осадки городских сточных вод, отходы биогазовой установки, биопрепараты [1], [3], [14], [17].

Цель исследований – изучить эффективность применения свежескошенной кострово-люцерновой зеленой массы в качестве мульчирующего и одновременно удобрительного вещества на урожайность картофеля и агрохимические свойства типично-серой лесной легкоглинистой среднемощной малогумусной среднеэродированной почвы в звене 5-польного травопольного севооборота.

Материалы и методы. Морфологические признаки профиля почвы изучались традиционно, с копкой почвенного разреза и отбором почвенных проб по почвенным горизонтам, содержание гумуса – по методу Тюрина, доступных растений фосфора и калия – по методу Кирсанова, обменная кислотность – ионометрически. Содержание крахмала в клубнях картофеля определялось по ГОСТ 26176. Агрохимические свойства почвы определялись в агрохимическом центре «Чувашский».

Опыты проводились в пятипольном травопольном севообороте: «многолетние травы (костер+люцерна) 1-4 года пользования» – «картофель». Весь опытный участок весной 2016 г. был вспахан, засеян смесью семян

люцерны и костра безостого и разделен на пять делянок (вариантов). Укоса многолетних трав в первый год не производилось.

На первой делянке севооборота весной 2017 г. в середине мая пахотный слой обрабатывался фрезой мотоблока, с заделкой прошлогодних травянистых остатков в почву. После обработки почвы картофель традиционно высаживался в лунки с междурядьями 72 см и расстоянием в ряду около 30 см. Далее ряды картофеля пропалывались и покрывались прошлогодними остатками люцерны с участков 2-5. В конце июня вариант с картофелем до фазы цветения покрывался свежескошенной зеленой массой с полей 2-5. После цветения картофеля делянки с многолетними травами не скашивались, они к осени образовывали большую биомассу и давали семена, которые естественным образом созревали и попадали на поверхность почвы.

В вариантах с мульчированием посадок картофеля окучивания и прополки после цветения не производились.

Весной следующего 2018 года вторая делянка обрабатывалась мотоблоком. Первая делянка вновь засеивалась смесью семян люцерны и костра. Таким образом, все делянки, кроме второй, на которой высажен картофель, вновь были покрыты многолетними травами. В следующем, 2019 году, картофелем засаживалась 3-ья делянка, в 2020 г. – 4-ая делянка.

Контрольным вариантом служила традиционная посадка картофеля на залежи, с окучиванием и прополкой. Во все годы контрольным вариантом служил один и тот же земельный участок, т.е. картофель высаживался на нем ежегодно.

В опыте использовались семена картофеля сорта «Гала» 1 репродукции.

Учетная площадь каждого варианта составляла по 45 м², в каждом варианте 3 делянки по 15 м². Расположение делянок было систематическое.

И опытный, и контрольный варианты защищались от колорадского жука опрыскиванием водными растворами инсектицидов «Карате» и «Командор».

Урожайность зеленой массы многолетних трав не учитывалась.

Условия вегетационных периодов в 2017-2020 гг. различались, однако оставались в рамках благоприятных для развития картофеля – длительных засушливых или влажных периодов не наблюдалось.

Результаты исследований и их обсуждение.

Исследуемые типично-серые лесные легкоглинистые среднеэродированные почвы, сформировавшиеся на элювии юрских глин, расположены на поле уклоном около 3 градусов юго-западной экспозиции на территории СХПК «Агат» Канашского района Чувашской Республики. Разрез заложен в 2016 г. на опытном участке, представляющем собой залежь, поросший луговой травянистой растительностью: злаки, осоки, мать-и-мачеха, пырей.

Морфологические признаки профиля почвы следующие: гумусово-элювиальный горизонт (пахотный слой) мощностью 26 см. Он свежий, буровато-светло-серый, с небольшими темно-красными комочками, легкоглинистый, глыбисто-комковатый, уплотненный, с корнями растений, не вскипает от прибавления 10% соляной кислоты.

Переходный гумусовый горизонт А₂В залегает на глубине 26-32 см. Он слабо увлажненный, по цвету серовато-буровато-коричневый, легкоглинистый. Структура мелкоореховатая, горизонт плотный, со слабой присыпкой кремнезема по граням. От прибавления 10% соляной кислоты не вскипает.

Иллювиальный подгоризонт В₁ расположен на глубине от 32 до 41 см. Он увлажненный, коричневатобурый, с пятнами гумуса, легкоглинистый, средне- и крупно-ореховатый, плотный, тонкопористый, с потеками кремнезема по граням структурных отдельностей, не вскипает.

Иллювиальный подгоризонт В₂ находится на глубине 41-89 см. Он увлажненный, коричневый, с темными потеками гумуса, легкоглинистый, крупноореховатый, с тонкими корнями растений, не вскипает.

Переходный к почвообразующей породе горизонт ВС залегает на глубине 89-122 см. Он свежий, светло-коричневый, легкоглинистый, крупноореховато-призматический, с редкими и тонкими прожилками гумуса по ходам корней, слабо вскипает с 120 см.

Почвообразующая порода сильно увлажнена, светло-коричневая по цвету, мнется в пальцах рук, легкоглинистая, бесструктурная, в ней встречаются гнезда карбонатов, вскипает от добавления соляной кислоты.

Агрохимические свойства почвы контрольного варианта и опытного поля перед началом опыта были равными; содержание органического вещества (гумуса) равнялось 3,87%, подвижного фосфора – 189 мг/кг, обменного калия – 124 мг/кг, показатели обменной кислотности составляли в единицах рН 5,73. Агрохимическая характеристика благоприятна для большинства сельскохозяйственных культур, в том числе и многолетних трав – люцерны и костра безостого, и типична для эродированных разновидностей серых лесных почв [2], [4], [5], [15], [16], [18].

В 2016 г. опытное поле было засеяно смесью семян люцерны и костра безостого – ценных кормовых сельскохозяйственных культур, с высоким содержанием азота и зольных элементов питания растений. Так, одна тонна сенажа люцерны содержит 44% сухого вещества, 64 кг протеина, 37 кг золы, в том числе: 6,6 кг кальция; 1,0 кг фосфора; 0,9 кг магния; 7,6 кг калия; 0,3 кг натрия; 0,8 кг серы; а также микроэлементы: 130 г железа; 2,5 г меди; 5,7 г цинка; 18,2 г марганца; 0,14 г кобальта и 0,11 г йода.

Сено костра безостого также богато химическими элементами: содержание азота составляет около 1,25-1,35 %, фосфора – 1,8-2,2 %, калия – 3,9-4,7 %, кальция – 4,4-4,8%, магния – 1,3-1,5 %, серы – 1,2-1,4 %.

Всего на делянки с картофелем последовательно вносится около 25 т/га свежескошенной зеленой массы многолетних трав в пересчете на 1 га.

Уборка картофеля в опытах во все годы исследований производилась в середине сентября.

Урожайность клубней картофеля показана в табл. 1.

Таблица 1 – Урожайность клубней картофеля сорта «Гала» в опытах 2017-2020 гг.

№ варианта	Варианты	Годы исследований			
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
1	Контроль	9,6	9,2	8,3	7,1
2	Опытный	17,4	19,6	20,5	20,9

Сорные растения и свежие всходы люцерны, сосуществовавшие с картофелем во вторую половину вегетационного периода на опытном участке, не помешали получить качественный урожай клубней.

Из полученных данных полевых исследований следует, что в опытных участках урожайность картофеля получена почти в 2-3 раза больше, по сравнению с контрольным вариантом.

В обоих вариантах содержание нитратов в клубнях было в пределах 30-70 мг/кг, что намного ниже ПДК (250 мг/кг). Однако содержание нитратов в клубнях опытного варианта в полтора-два раза выше, чем в контрольном варианте, что может объясняться хорошими условиями азотного питания. Перегнивающие многолетние травы снабжали растения картофеля элементами зольного питания, а также сохраняли в почве влагу и защищали ее от перегрева.

Применение на посадках картофеля в качестве органического удобрения картофеля свежескошенной зеленой массы многолетних трав улучшает и агрохимические свойства почв (табл. 2).

Таблица 2 – Агрохимические показатели пахотного слоя (0-20 см) почв делянок после уборки картофеля в 2017-2020 гг.

Варианты	Органическое вещество (по ГОСТ 26213-91), %				Подвижный фосфор (по ГОСТ Р 54650-2011), мг/кг				Обменный калий (по ГОСТ Р 54650-2011), мг/кг			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Контроль	3,85	3,82	3,80	3,78	185	181	175	173	122	120	115	112
Опытный	4,02	4,11	4,09	4,14	183	185	188	187	125	128	130	133

Из данных агрохимических исследований в контрольном варианте отчетливо наблюдается отрицательная динамика по годам содержания в пахотном слое почвы гумуса, подвижного фосфора и обменного калия. Данное явление связано с минерализацией гумуса, расхода запасов подвижных соединений фосфора и калия на формирование урожая.

В опытном варианте, напротив, содержание гумуса непрерывно возрастает, что объясняется как произрастанием на участке предшественника – многолетних трав (люцерна+костер), так и укрытием растений картофеля свежескошенной зеленой массой, под которой создается микроклимат, благоприятный для деятельности микроорганизмов и гумификации. Слабая тенденция увеличения содержания подвижных соединений фосфора в пахотном слое вызвано выносом их урожаем, вдвое превышающим его в контрольном варианте. Содержание обменного калия также повысилось во всех вариантах.

Обменная кислотность пахотного слоя почв в вариантах с применением зеленой массы многолетних трав повысилась до 6,43-6,51 в единицах рН, что объясняется богатством химического состава используемых многолетних трав кальцием, магнием и калием. В почве контрольного варианта обменная кислотность, наоборот, понизилась до 5,70 единиц рН.

Биологические свойства почв на делянках после уборки картофеля улучшились: при отборе почвенных проб часто встречались дождевые черви, многоножки, жулики и др., что положительно повлияло на физические свойства пахотного слоя.

Агрофизические свойства почвы являются одними из важнейших показателей состояния плодородия почвы, знание которых необходимо для выбора способов окультуривания пахотного слоя [8], [9], [10], [11],

[12], 13]. Исследования показали, что плотность сложения верхней части пахотного слоя 0-10 см уменьшилась с 1,16 г/см³ в контрольном варианте до 1,12 г/см³ в опытном варианте после уборки картофеля. Если на поверхности почвы контрольного варианта часто встречались глыбистые частицы, то в опытном варианте они практически исчезли.

На следующий год земельный участок после картофеля вновь засеивался семенами коостра и люцерны (на делянках 3 и 4 – самосевом, за счет семян самих трав), а зеленая масса (сено) использовалась в качестве удобрения на следующей делянке.

Таким образом, результаты проведенных работ показывают, что в контрольном варианте почва вновь начинает ускоренно деградировать – уменьшается содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, снижается урожайность картофеля.

Зеленая масса многолетних трав, используемая в качестве мульчи и органического удобрения, способствует расширенному воспроизводству почвенного плодородия.

Выводы. Введение травопольного севооборота, с удобрением картофеля свежескошенной зеленой массой, повышает урожайность клубней картофеля и способствует расширенному воспроизводству плодородия эродированной типично-серой лесной легкоглинистой почвы.

Литература

1. Васильев, О. А. Методика применения жидких биоудобрений при возделывании картофеля в условиях орошения / О. А. Васильев, В. Н. Гаврилов, Н. Н. Зайцева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1(1). – С. 5-9. – EDN ZWTQQL.
2. Васильев, О. А. Почвы парка культуры и отдыха "Космос" города Чебоксары Чувашской Республики / О. А. Васильев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1(4). – С. 5-10. – EDN RRBQIT.
3. Восстановление плодородия деградированных серых лесных почв Южной части Нечерноземной зоны Российской Федерации / О. А. Васильев, В. Г. Егоров, А. Н. Ильин, К. П. Никитин // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2017. – № 1(144). – С. 29-35. – EDN YFWETF.
4. Иванова, Т. Н. Динамика агрохимических показателей плодородия почв по результатам локального мониторинга / Т. Н. Иванова, В. С. Сергеев // Вестник Башкирского аграрного университета. – 2017. – № 2 (42). – С. 11-15.
5. Ильин, А. Н. Интенсивность изменения почвенного покрова и особенности агрохимических свойств светло-серых лесных почв Северной части Чебоксарского района Чувашской Республики / А. Н. Ильин, О. А. Васильев, А. О. Васильев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4(11). – С. 44-51. – DOI 10.17022/dr4k-t109. – EDN LPRWQI.
6. Косоуров, Ю. Ф. Мелиорация и хозяйственное освоение эродированных балочных и крутосклонных земель Башкирии / Ю. Ф. Косоуров // Монография. – Уфа, 1996. – 164 с.
7. Кормщиков, А. Д. Техника и технологии для склоновых земель / А. Д. Кормщиков // Монография. – Киров, 2003. – 297 с.
8. Кувшинов, Н. М. Оптимизация агрофизических свойств серых лесных почв под сельскохозяйственные культуры / Н. М. Кувшинов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XV международной научной конференции. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2018. – С. 89-94.
9. Кувшинов, Н. М. Ресурсосбережение как элемент системы обработки почвы / Н. М. Кувшинов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 48, № 1. – С. 140-144.
10. Кувшинов, Н. М. Агрофизические факторы почвенного плодородия серых лесных почв для ведущих сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны России и их регулирование в условиях интенсивного земледелия: диссертация доктора сельскохозяйственных наук / Н. М. Кувшинов; Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка». – Немчиновка, 1996.
11. Кувшинов, Н. М. В зависимости от агрофизического состояния почвы / Н. М. Кувшинов // Кукуруза. – 1995. – № 3. – С. 2-3.
12. Кувшинов, Н. М. Оптимизация агрофизических свойств почв под сельскохозяйственные культуры / Н. М. Кувшинов // Аграрная наука. - 1994. - № 6. - С. 56-57.
13. Ложкин, А. Г. Мониторинг физического состояния серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании / А. Г. Ложкин, А. В. Чернов, В. Г. Егоров // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2018. – № 5 (160). – С. 57-62.
14. Ложкин, А. Г. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании ячменя / А. Г. Ложкин, И. П. Елисеев, О. А. Васильев // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XVI Международной научной конференции, Брянск, 21 марта 2019 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2019. – С. 196-200. – EDN UKWJNL.
15. Лопырев, М. И. Охрана земель от эрозии и охрана природы / М. И. Лопырев, Е. И. Рябов : монография. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 239 с.

16. Организация работ по охране почв от водной эрозии в Чувашской АССР / под ред. С. М. Ислукова. – Чебоксары : Чувашское книжное изд-во, 1983. – 222 с.
17. Тихонов, А. С. Отходы биогазовой установки - нетрадиционное органическое удобрение / А. С. Тихонов, Н. А. Фадеева, О. А. Васильев // Молодежь и инновации : материалы XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Чебоксары, 14–15 марта 2019 года. – Чебоксары : Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 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.] // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. – 2018. – Vol. 3. – No 430. – P. 74-78. – EDN MZGEIQ.

Сведения об авторах

1. **Васильев Олег Александрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства, кадастров и экологии, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: vasiloleg@mail.ru, тел. (8352) 62-06-19, 8-905-19-777-81;
2. **Васильев Александр Олегович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: 3777222@bk.ru, тел. 8-937-3777-222.

BIOLOGICAL ARABLE FARMING IN GRASS-FIELD CROP ROTATION

O. A. Vasiliev, A. O. Vasiliev

Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. The studies were carried out on moderately eroded typical gray forest light clay soil in the the APC "Agat" of the Kanashsky district in 2016-2020, on fallow lands. As a rule, fallow lands are overgrown with wild herbs as reed grass, sedges, couch grass, etc., and less often with shrubs and trees. The overgrowth of the surface of the deposits slows down the intensity of water erosion processes, and due to the annual accumulation on the surface and in the upper part of the soil profile of the decay products of organic matter with ash elements of the mineral nutrition of plants, fertility again begins to increase. The development of such lands will again lead to their degradation. However, fallow lands can be effectively used in the production of potatoes without the use of mineral fertilizers in the grass-field crop rotation. Studies carried out over five years show that the fertility of fallow lands can be restored using the green mass of perennial grasses as a potato fertilizer in a grass-field crop rotation. In the first year of development, the fallow is plowed across the slope, cultivated, harrowed, and then some perennial grasses are sown on it, in this case, alfalfa, together with an awnless fire. In the second year, the field is divided across the slope into five parallel plots, and on one of them, after soil preparation (plowing, cultivation with harrowing), potato tubers are planted in holes, which are covered with freshly cut green mass obtained from other plots. In each subsequent year, potatoes are planted on the next plot, and the plot after potatoes is re-sown with herbs. On average, over four years of research, the use of freshly cut perennial grasses as a shelter for planting potatoes increased the yield of potatoes by 2 times, compared with the control variant. The agrochemical properties of soil samples taken a month after potato harvesting are much better compared to the control variant: the content of organic matter, mobile phosphorus and exchangeable potassium increases.

Key words: nitrogen, biological arable farming, humus, potassium, potatoes, awnless brome, alfalfa, mesofauna, organic matter, gray forest soils, fertilizer, phosphorus.

References

1. Vasil'ev, O. A. Metodika primeneniya zhidkih bioudobrenij pri vozdeleyanii kartofelya v usloviyah orosheniya / O. A. Vasil'ev, V. N. Gavrilov, N. N. Zajceva // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 1(1). – S. 5-9. – EDN ZWTQQL.
2. Vasil'ev, O. A. Pochvy parka kul'tury i otdyha "Kosmos" goroda CHEboksary CHuvashskoj Respubliki / O. A. Vasil'ev // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 1(4). – S. 5-10. – EDN RRBQIT.
3. Vosstanovlenie plodorodiya degradirovannyh seryh lesnyh pochv YUzhnoj chasti Nechernozemnoj zony Rossijskoj Federacii / O. A. Vasil'ev, V. G. Egorov, A. N. Il'in, K. P. Nikitin // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. – 2017. – № 1(144). – S. 29-35. – EDN YFWETF.
4. Ivanova, T. N. Dinamika agrohimicheskikh pokazatelej plodorodiya pochv po rezul'tatam lokal'nogo monitoringa / T. N. Ivanova, V. S. Sergeev // Vestnik Bashkirskogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2 (42). – S. 11-15.
5. Il'in, A. N. Intensivnost' izmeneniya pochvennogo pokrova i osobennosti agrohimicheskikh svojstv svetlo-seryh lesnyh pochv Severnoj chasti CHEboksarskogo rajona CHuvashskoj Respubliki / A. N. Il'in, O. A. Vasil'ev, A. O.

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. Resursosberezhenie 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 vozdeleyvanii 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