

14. CHetvert' naseleniya mira ispytyvaet chrezvychajnyj deficit vody – Tekst: elektronnyj // Kapital.kz [sajt]. – URL: <https://kapital.kz/world/80318/chetvert-naseleniya-mira-ispytyvayet-hrezvychaynyu-defitsit-vody.html> (data obrashcheniya 10.03.2022).

15. OwenCloud Oblachnyj SaaS-servis dlya udalennogo monitoringa, upravleniya. – Tekst: elektronnyj // Kapital.kz [sajt]. – URL: <https://owen.ru/owencloud> (data obrashcheniya 12.02.2022).

Information about authors

1. **Sveshnikov Artemy Grigoryevich**, Postgraduate student of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: artemachaki@mail.ru, tel. 89373991782;

2. **Mikheev Georgy Mikhailovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: mikheevg@rambler.ru, tel. 89033458540.

УДК635.21

DOI:

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОМБАЙНОВОЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

А. В. Семенов, В. Н. Гаврилов, А. М. Новиков, В. А. Иванов

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

Аннотация. *Качество комбайновой уборки картофеля оценивается главным образом количеством механически поврежденных клубней. Степень повреждений картофеля зависит от динамического процесса взаимодействия клубней с рабочими органами машин и агрофизического состояния почвы во время уборки. В условиях интенсивного развития сельского хозяйства исследования, направленные на изучение способов уменьшения повреждений клубней при уборке, представляют весьма большую научную и практическую значимость.*

Целью работы является исследование способов повышения качества комбайновой уборки картофеля. Задача исследования – изучение влияния ширины междурядий и системы питания картофеля на его механическое повреждение при уборке.

При динамическом взаимодействии клубней с рабочими органами картофелеуборочных машин возникают повреждения, такие как трещины, вырывы, раздавливания и порезы. Могут появляться и скрытые повреждения, связанные с внутренним напряжением. Они обнаруживаются только при разрезании клубня и проявляются в виде потемнения мякоти. Один из способов уменьшения внутренних и внешних повреждений картофеля – совершенствование активных рабочих органов, контактирующих с клубнями картофеля.

Наши исследования показали, что характер повреждений клубней изменяется в зависимости от среды развития картофеля. Высокое качество механизированной уборки обеспечивается оптимальной структурой почвы. При этом уменьшается количество твердых агрегатов почвы, поступающих в общей массе с клубнями на разделительный стол комбайна и интенсифицирующих процесс повреждения. Уровень повреждений клубней зависит также от количества влаги в почве во время уборки. При изменяющихся почвенно-климатических условиях именно широкие междурядья способствуют удержанию в почве большого количества воды. С увеличением влажности повышается вязкость почвы. Комки влажной почвы более податливы при механическом взаимодействии с клубнями картофеля. В результате снижается величина общего количества повреждений.

Условием для повышения качества комбайновой уборки картофеля является обеспечение благоприятных условий для полного созревания клубней. При этом увеличивается прочность кожуры и, как следствие, уменьшается количество трещин и вырывы мякоти. Фосфорные и калийные удобрения, превышающие дозы азота, положительно влияют на формирование сопротивляемости картофеля к механическим воздействиям.

Проведенные исследования позволяют на основании полученного материала объяснить особенности динамического процесса взаимодействия клубней с рабочими органами картофелеуборочных машин в зависимости от агрофизических показателей среды во время уборки.

Ключевые слова: *картофель, комбайновая уборка, повреждения, структура почвы, ширина междурядий.*

Введение. При выращивании картофеля сбор урожая является наиболее трудоемким и сложным технологическим процессом. Интенсификация процесса работы уборочных машин с активными рабочими органами часто приводит к увеличению повреждаемости продукции при уборке в сложных почвенно-климатических условиях Российской Федерации [9]. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется качеству уборки картофеля.

Механические повреждения продовольственного картофеля приводят к увеличению потерь при его хранении и переработке. Травмированные клубни быстро теряют в массе в результате естественного обезвоживания и усиления дыхания поврежденных участков. По данным некоторых ученых, потери массы травмированного картофеля при зимнем хранении составляют до 12-15 %, а у неповрежденного картофеля – до 7-10 % [5], [6]. Механические повреждения клубней картофеля можно разделить на две группы: поверхностные и внутренние. К поверхностным повреждениям относятся видимые дефекты, которые можно определить при внешнем осмотре. Это – вырывание кожуры, мелкие и крупные трещины, вмятины, порезы, раздавленные клубни и т.д. Внутренними повреждениями являются потемнения мякоти и внутренние трещины, обнаруживающиеся только при разрезании клубня.

В наибольшей степени травмируются клубни при комбайновой уборке физиологически незрелого картофеля. Тонкая, неокрепшая кожа незрелых клубней легко повреждается рабочими органами машин. В таких условиях современные картофелеуборочные машины не обеспечивают деликатный процесс уборки картофеля. Возможным способом ускорения полного созревания картофеля является комбинированное проращивание семенного материала в торфо-минеральной оболочке [7], [8]. Физиологически более зрелые клубни обладают большей упругостью мякоти, а, следовательно, и отличаются устойчивостью к механическим повреждениям.

Качество комбайновой уборки картофеля изменяется в зависимости от агрофизических показателей почвы [2], [10]. Высокое содержание доли крупных агрегатов способствует увеличению повреждений картофеля при уборке картофелеуборочными машинами. Данный факт обусловлен тем, что комки почвы в процессе их движения на элеваторах оказывают интенсивное механическое воздействие на клубни.

В настоящее время картофель обычно сажают с междурядьями в 70 см. Указанная технология не отвечает в полной мере биологическим потребностям растений [1], [3], [4]. К ее недостаткам можно отнести уменьшение площади питания растений, уплотнение почвы и травмирование клубней широкими колесами энергонасыщенных тракторов. Увеличение количества твердых агрегатов почвы, поступающих в общей массе с клубнями на разделительный стол комбайна, интенсифицируют процесс повреждения при сборе урожая.

В связи с этим проведение исследований, направленных на изучение влияния отдельных технологических приемов возделывания на повреждение клубней, весьма актуально.

Целью работы является поиск способов повышения качества комбайновой уборки картофеля. Задача исследований – изучение влияния ширины междурядий и системы питания картофеля на его механические повреждения.

Материалы и методы исследования. Анализ возможных видов повреждений клубней при комбайновой уборке выполняли в соответствии ГОСТом 10.8.5-87. При определении повреждений отбирали клубни диаметром более 50 мм. На клубнях учитывали такие виды повреждений, как трещины длиной более 20 мм, вырывы мякоти глубиной более 5 мм, разрезывание и раздавливание.

Исследования по изучению влияния ширины междурядий на повреждение клубней картофеля проводились при посадке с междурядьями в 70 и 90 см на фоне применения минеральных удобрений с различным соотношением элементов питания. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, по механическому составу среднесуглинистая. Пахотный слой характеризуется высоким содержанием гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, высокой степенью насыщенности основаниями, слабокислой реакцией почвенной среды.

Результаты исследований и их обсуждение. Картофель очень требователен к среде обитания: почва должна быть рыхлой, хорошо проницаемой для воздуха. Исследования показывают, что характер повреждений клубней изменяется в зависимости от среды, в которой развивается культура. Высокое качество механизированной уборки достигается за счет наименьшей плотности почвы. При этом уменьшается количество твердых агрегатов почвы, поступающих в общей массе с клубнями на разделительный стол комбайна. Они интенсифицируют процесс повреждения. Уровень повреждений картофеля главным образом зависит от контактного взаимодействия клубней с рабочими органами машин и крупными агрегатами почвы. Один из способов уменьшения внутренних и внешних повреждений картофеля – совершенствование активных рабочих органов машины, контактирующих с клубнями картофеля. При контактном взаимодействии острые кромки крупных агрегатов почвы могут нанести повреждения, такие как трещины, вырывы, раздавливания и порезы. Могут быть и скрытые дефекты (потемнение мякоти), связанные с возникновением внутреннего напряжения. Они обнаруживаются только при разрезании клубня. В связи с этим нужно создавать благоприятные условия для сохранения структурности и рыхлости почвы при уборке картофеля комбайнами. Полученные нами данные (рисунок 1) свидетельствуют о том, что структура почвы формируется в процессе основной обработки почвы перед посадкой и корректируется в процессе последующих выполняемых междурядных обработок. В начальный период выпадающие осадки существенно увеличивают количество влаги в почве.

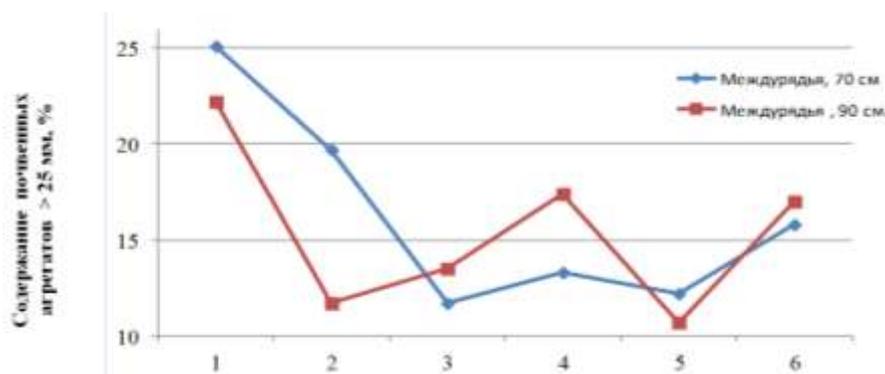


Рис. 1. Содержание почвенных агрегатов размером ≥ 25 мм в гребне в зависимости от ширины междурядий, %
Сроки определения: 1 – до посадки; 2 - после 1МО* до всходов; 3 - после 2МО* до всходов; 4 - после МО* по всходам; 5 - после окучевания; 6 - перед уборкой (*междурядная обработка).

С повышением влажности уменьшается сопротивление почвы к пластическому деформированию рабочими органами почвообрабатывающих машин. В итоге происходит укрупнение и уплотнение структурных составляющих почвы. При высоких значениях температуры окружающей среды агрегаты спекаются и превращаются в очень прочные соединения. Как правило, это происходит при пассивной междурядной обработке. В результате увеличивается содержание почвенных агрегатов размером более 25 мм в гребне. Образовавшиеся комки почвы в условиях жаркой и сухой погоды в течение вегетационного периода практически полностью сохраняются до начала механизированной уборки. В целом можно отметить, что образование почвенных агрегатов носит характер технологической наследственности. При изменяющихся почвенно-климатических условиях ранее образовавшиеся комки могут расти и дальше. Избыточные летние осадки, чередующиеся с длительными засухами, создают благоприятные условия для увеличения доли крупных агрегатов. Поэтому очень важно в летний период поддерживать структуру почвы в благоприятном состоянии путем своевременных междурядных обработок. Для исключения образования новых крупных комков от посадки до окучевания нельзя допускать переуплотнения почвы при избыточном содержании влаги.

Влияние ширины междурядий и уровня минерального питания на общее количество повреждений картофеля нами изучалось в течение двух летне-весенних периодов (табл.). Полученные данные показывают, что количество и характер механических повреждений клубней изменяются в зависимости как от климатических условий, так и от ширины междурядий.

Таблица – Характеристика и количество механических повреждений клубней, %

Ширина междурядий, см.	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Общие повреждения, %	в том числе			
			Трещины >20мм	Вырывы >5мм	Разрезанные	Раздавленные
70	100-100-100 (К)	11,2	7,7	2,1	0,8	0,6
	100-120-150	11,1	6,6	2,6	0,9	1,0
	100-150-150	10,7	5,9	2,4	0,8	1,6
	100-150-200	10,1	6,5	2,9	0,5	0
90	100-100-100 (К)	10,3	6,5	1,7	1,6	0,5
	100-120-150	10,6	5,6	2,0	1,4	0,4
	100-150-150	8,9	5,7	1,9	1,3	0
	100-150-200	9,7	6,0	2,0	1,7	0

Высокие значения температуры почвы и недостаток влаги в ней способствуют увеличению количества общих повреждений картофеля при уборке. Данный факт объясняется тем, что в этом случае задерживается физиологическое развитие картофеля. При этом незрелые клубни с низким содержанием сухого вещества менее устойчивы к воздействию внешних механических сил. Увеличивается вероятность возникновения трещин. Также на поверхности образуются вырывы и потемнения. При резких перепадах дневных и ночных температур основную часть повреждений составляют мелкие расходящиеся трещины из точки силового взаимодействия с рабочими органами уборочных машин. Данная склонность к образованию трещин связана с возникновением остаточных внутренних температурных напряжений. В связи с этим устойчивость клубней к механическим повреждениям снижается. Кроме того, из-за снижения температуры клубни имеют низкие ударную вязкость и предел упругости, вследствие чего происходит потемнение и смятие мякоти.

Результаты исследований показывают, что уровень минерального питания оказывает существенное влияние на увеличение количества клубней с внешними механическими повреждениями. На общем фоне внесения удобрений наблюдается тенденция к увеличению общего повреждения клубней при соотношении питательных веществ $N_1P_1K_1$. Увеличение соотношения фосфора и калия при полноценной системе питания приводит к снижению общих повреждений из-за уменьшения трещин, превышающих критические значения. Понятно, что при больших дозах минеральных удобрений создаются более хорошие условия для физиологического созревания клубней. В результате увеличивается прочность кожуры, уменьшаются трещины и вырывы мякоти. Как следствие, снижается количество механических повреждений клубней на 2,1-3 %. Таким образом, по нашим данным, фосфорные и калийные удобрения, превышающие уровень дозы азота, положительно влияют на устойчивость картофеля к механическим повреждениям.

Характер и количество повреждений картофеля во многом зависят от ширины междурядий (рисунок 2). В ходе нашего исследования мы обнаружили, что общее повреждение клубней имеет наименьшие значения при ширине междурядий в 90 см.

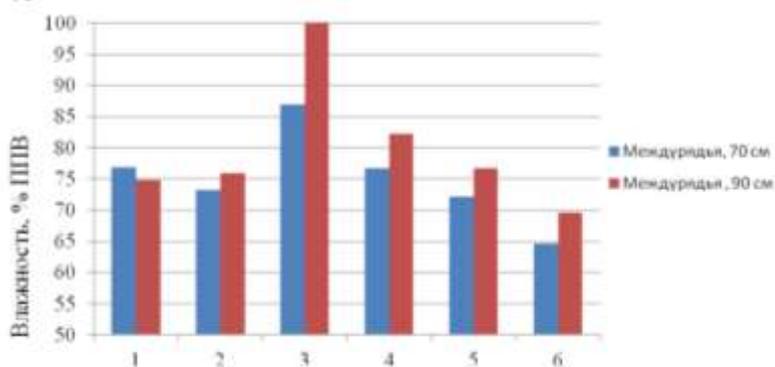


Рис. 2. Изменение влажности почвы в зависимости от ширины междурядий
Сроки определения: 1 – до посадки; 2 – после 1МО* до всходов; 3 – после 2МО* до всходов; 4 – после МО* по всходам; 5 – после окучивания; 6 – перед уборкой. (*междурядная обработка)

Следует отметить, что влажность почвы в междурядьях шириной в 90 см оказалась выше, чем в междурядьях – в 70 см. При этом данная зависимость наблюдается не только на нижнем почвенном горизонте, но и на верхнем. Это позволяет нам сделать заключение о том, что объемные гребни при нормальных почвенно-климатических условиях позволяют аккумулировать большое количество влаги в почве. С увеличением влажности повышается вязкость почвы. Комки влажной почвы более податливы при механическом взаимодействии с клубнями картофеля. В результате снижается количество общих повреждений. При уборке комбайнами сухие комки почвы, равные по размеру клубням или крупнее их, попадающие на активные сепарирующие устройства, могут нанести механические повреждения. Таким образом, уровень повреждений клубней зависит от количества влаги в почве во время уборки. Необходимо также отметить, что с увеличением количества почвы, поступающей на скоростные сепарирующие рабочие органы комбайна, уменьшаются контактные повреждения клубней. Так как часть возникающих динамических напряжений направляется на разрушение комков почвы.

Выводы. Исследования показывают, что уровень повреждений клубней картофеля зависит от механического состава и влажности почвы, поступающей на активные сепарирующие органы картофелеуборочного комбайна. Сухие агрегаты почвы при динамическом взаимодействии оказывают более интенсивное механическое воздействие на клубни картофеля. В результате увеличивается общее количество повреждений. В течение вегетации необходимо поддерживать рыхлое состояние верхнего горизонта почвы. Уменьшение количества клубней с внешними механическими повреждениями фиксируется в вариантах с широким междурядьем. Объемные гребни при изменяющихся почвенно-климатических условиях удерживают в почве большое количество влаги. С увеличением влажности комки почвы более податливы при механическом взаимодействии с клубнями картофеля.

Наиболее высокие показатели качества работы комбайна были достигнуты при повышении количества фосфорных и калийных удобрений при посадках с шириной междурядий в 90 см. При этом в указанных вариантах складываются более благоприятные условия для полного созревания клубней. Увеличивается прочность кожуры и, как следствие, снижаются механические повреждения клубней на 2,1-3 %.

Таким образом, проведенные исследования позволили проанализировать особенности динамического процесса взаимодействия клубней с рабочими органами машин в зависимости от агрофизических показателей почвы во время уборки и установить рациональное сочетание различных приемов с целью повышения качества комбайновой уборки.

Литература

1. Беззубцева, Т. И. Площади питания для интенсивных сортов / Т. И. Беззубцева, А. Е. Кузнецов // Картофель и овощи. – 1999. – № 3. – С.8 -11.
2. Буряков, А.Т. Приемы агротехники картофеля / А. Т. Буряков // Картофель и овощи. – 2004. – № 3. – С.10-11.
3. Импорт картофеля в России в 2014-2015 годах / В. С. Чугунов, О. Н. Шатилова, Л. Б. Ускова, Б. В. Анисимов // Картофель и овощи. – 2016. – № 5. –С.33-36.
4. Картофель России / под редакцией А. В. Коршунова. – Москва: Достижения науки и техники АПК, 2003. – С. 228 – 239.
5. Мишхожев, А. А. О влиянии сортовых особенностей на повреждаемость клубней картофеля / А. А. Мишхожаев // NovaInfo.Ru. – 2016. – Том 2. № 40. – С. 21-23.
6. Пазова, Т. Х. Виды повреждений клубней картофеля / Т. Х. Пазова, А. А. Мишхожев // Научно-практические основы устойчивого ведения аграрного производства: материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых учёных. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2015. – С. 40-42.
7. Патент 2624960 Российская Федерация, МПК А01С1/06. Способ предпосадочного проращивания клубней картофеля: № 2624960 / А. В. Семенов, Б. В Михайлов, Ю. Н Доброхотов: заявл. 29.03.2016: опубл. 11.07.2017. – 6 с.
8. Семенов, А. В. Эффективность проращивания семенных клубней при возделывании раннего картофеля / А. В. Семенов, А. М. Новиков // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(5). – С.22-26.
9. Старовойтов, В. И. Температурно-влажностные параметры гряды при возделывании картофеля / В. И Старовойтов, О. А. Павлова // Вопросы картофелеводства. – Москва: ВНИИКХ,2002. – С. 148-153.
10. Чистяков, А. В. Выявление рациональных технологических приемов ухода за посадками картофеля при различной ширине междурядий на дерново-подзолистой суглинистой почве: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Москва: ГНУ ВНИИКХ, 2001. – 21 с.

Сведения об авторах

1. **Семенов Александр Валерьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: s.alexander2011@yandex.ru;

2. **Новиков Алексей Михайлович.**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: novam1@yandex.ru;

3. **Гаврилов Владислав Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: gavrillov-vlad21@yandex.ru;

4. **Иванов Владимир Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, Чувашский государственный аграрный университет, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vladimir21va@mail.ru.

INCREASING THE QUALITY OF COMBINE HARVESTING POTATOES

A. V. Semenov, V. N. Gavrilov, A. M. Novikov, V. A. Ivanov

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

Brief abstract. *The quality of potato harvesting is assessed mainly by the number of mechanically damaged tubers. The degree of damage to potatoes depends on the dynamic process of interaction of tubers with the working bodies of machines and the agrophysical state of the soil during harvesting. In conditions of intensive development of agriculture, research aimed at studying ways to reduce damage to tubers during harvesting is of very great scientific and practical importance.*

The aim of the work is to study ways to improve the quality of potato harvesting. The objective of the study is to study the influence of the row spacing and the potato nutrition system on its mechanical damage during harvesting.

With the dynamic interaction of tubers with the working bodies of potato harvesters, damage occurs, such as cracks, tearing, crushing and cuts. There may also be hidden damage associated with internal stress. They are found only when the tuber is cut and appear as a darkening of the pulp. One of the ways to reduce internal and external damage to potatoes is to improve the active working bodies in contact with potato tubers.

Our studies have shown that the nature of damage to tubers varies depending on the environment of potato development. The high quality of mechanized harvesting is ensured by the optimal soil structure. At the same time, the

number of solid soil aggregates that enter in the total mass with tubers on the separating table of the combine and intensify the damage process is reduced. The level of damage to tubers also depends on the amount of moisture in the soil at the time of harvest. Under changing soil and climatic conditions, it is the wide aisles that contribute to the retention of a large amount of water in the soil. As moisture increases, the viscosity of the soil increases. Lumps of moist soil are more pliable in mechanical interaction with potato tubers. As a result, the magnitude of the total amount of damage is reduced.

The condition for improving the quality of combine harvesting of potatoes is to provide favorable conditions for the full maturation of tubers. At the same time, the strength of the peel increases and, as a result, the number of cracks and tearing of the pulp decreases. Phosphorus and potash fertilizers, exceeding the doses of nitrogen, have a positive effect on the formation of potato resistance to mechanical stress.

The conducted studies allow, on the basis of the obtained material, to explain the features of the dynamic process of the interaction of tubers with the working bodies of potato harvesters, depending on the agrophysical parameters of the environment during harvesting.

Key words: potatoes, combine harvesting, damage, soil structure, row spacing.

References

1. Bezzubceva, T. I. Ploshchadi pitaniya dlya intensivnyh sortov / T. I. Bezzubceva, A. E. Kuznecov // Kartofel' i ovoshchi. – 1999. – № 3. – S.8 -11.
2. Buryakov, A.T. Priemy agrotekhniki kartofelya / A. T. Buryakov // Kartofel' i ovoshchi. – 2004. – № 3. – S.10-11.
3. Import kartofelya v Rossii v 2014-2015 godah / V. S. CHugunov, O. N. SHatilova, L. B. Uskova, B. V. Anisimov // Kartofel' i ovoshchi. – 2016. – № 5. –S.33-36.
4. Kartofel' Rossii / pod redakciej A. V. Korshunova. – Moskva: Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2003. – S. 228 – 239.
5. Mishkhozhev, A. A. O vliyani sortovyh osobennostej na povrezhdaemost' klubnej kartofelya / A. A. Mishkhozhaev // NovaInfo.Ru. – 2016. – Tom 2. № 40. – S. 21-23.
6. Pazova, T. H. Vidy povrezhdenij klubnej kartofelya / T. H. Pazova, A. A. Mishkhozhev // Nauchno-prakticheskie osnovy ustojchivogo vedeniya agrarnogo proizvodstva: materialy IV-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchyonyh. – Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2015. – S. 40-42.
7. Patent 2624960 Rossijskaya Federaciya, MPK A01S1/06. Sposob predposadochnogo prorashchivaniya klubnej kartofelya: № 2624960 / A. V. Semenov, B. V Mihajlov, YU. N Dobrohotov: zayavl. 29.03.2016: opubl. 11.07.2017. – 6 s.
8. Semenov, A. V. Effektivnost' prorashchivaniya semennyh klubnej pri vozdelevanii rannego kartofelya / A. V. Semenov, A. M. Novikov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 2(5). – S.22-26.
9. Starovojtov, V. I. Temperaturno-vlazhnostnye parametry gryady pri vozdelevanii kartofelya / V. I. Starovojtov, O. A. Pavlova // Voprosy kartofelevodstva. – Moskva: VNIKKH,2002. – S. 148-153.
10. CHistyakov, A. V. Vyyavlenie racional'nyh tekhnologicheskikh priemov uhoda za posadkami kartofelya pri razlichnoj shirine mezhduryadij na dernovo-podzolistoj suglinistoj pochve: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk. – Moskva: GNU VNIKKH, 2001. – 21 s.

Information about authors

1. **Semenov Alexander Valerievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: s.alexander2011@yandex.ru;

2. **Novikov Aleksey Mikhailovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: novam1@yandex.ru;

3. **Gavrilov Vladislav Nikolaevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: gavrilov-vlad21@yandex.ru;

4. **Ivanov Vladimir Andreevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: vladimir21va@mail.ru.