

УДК 635-13

UDC 635-13

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

**МОДЕРНИЗАЦИЯ И ОБЗОР СРЕДСТВ
МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
МУЛЬЧИРОВАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ
ВОЗДЕЛЫВАНИИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР В
СИСТЕМЕ ОТКРЫТОГО ГРУНТА**

**MODERNIZATION AND REVIEW OF
MECHANIZATION MEANS OF SOIL
MULCHING PROCESSES IN THE
CULTIVATION OF MELON CROPS IN THE
OPEN GROUND SYSTEM**

Ан Станислав Игоревич
студент каф. Процессы и машины в агробизнесе
SPIN – код: 3902-7586
stanislavanchik2@yandex.ru

An Stanislav Igorevich
student of the Department of Processes and machines
in agribusiness
RSCI SPIN – code: 3902-7586
stanislavanchik2@yandex.ru

Белоусов Сергей Витальевич
канд. техн. наук, доцент,
Author ID: 714080
SPIN – код: 6847-7933
ORCID ID: 0000-0002-8874-9862
Scopus ID: 57190008405
Researcher ID: Q-1037-2017
sergey_belousov_87@mail.ru
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар,
Россия*

Belousov Sergey Vitalievich
Candidate in Engineering, associate professor,
Author ID: 714080
RSCI SPIN – code: 6847-7933
ORCID ID: 0000-0002-8874-9862
Scopus ID: 57190008405
Researcher ID: Q-1037-2017
sergey_belousov_87@mail.ru
*FSBEI HE Kuban state agrarian university named
after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia*

В работе рассмотрены агротехнологические особенности возделывания бахчевых культур в системе открытого грунта и средства механизации для оптимизации процессов производства. Рассмотрены конструкции, обеспечивающие укладку мульчирующей пленки при возделывании бахчевых в открытом грунте укрывным методом и предложены технические решения для повышения эффективности механизации процессов. Цель исследования - предложение технических решений для конструкций, обеспечивающих укладку мульчирующей пленки, для рационализации процессов мульчирования почвы. Проведен анализ научно-технической литературы и патентный поиск. Для мульчирования почвы классически используют прозрачную полимерную мульчирующую пленку с рекомендуемой толщиной 3 мкм. Обозначены и предложены технические решения, которые могут быть внедрены в конструкцию для повышения эффективности работы пленкоукладчика. Разработаны предложения по модернизации пленкоукладчика, включающие клиновидный бороздообразователь, регулируемые заделывающие диски, автоматический перфоратор, маркер для отметки междурядий, что позволит оптимизировать процесс укладки мульчирующей пленки за счет выполнения нескольких операций за один проход машины

The article examines the agronomic features of open-field melon cultivation and the means of mechanization for optimizing production processes. Designs for laying mulch film during open-field melon cultivation using the covering method are considered, and technical solutions for increasing the efficiency of process mechanization are proposed. Purpose of the study is to propose technical solutions for designs providing for the laying of mulch film to streamline soil mulching processes. An analysis of scientific and technical literature and a patent search were conducted. Transparent polymer mulch film with a recommended thickness of 3 μm is traditionally used for soil mulching. Technical solutions that can be implemented in the design to increase the efficiency of the film layer are identified and proposed. Proposals have been developed for upgrading the film layer, including a wedge-shaped furrow former, adjustable closing discs, an automatic perforator, and a marker for marking row spacing, which will optimize the process of laying mulching film by performing several operations in a single machine pass

Ключевые слова: ПЛЕНКОУКЛАДЧИК,
МУЛЬЧИРОВАНИЕ ПОЧВЫ, МУЛЬЧИРУЮЩАЯ
ПЛЕНКА, БАХЧЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ,
МЕХАНИЗАЦИЯ

Keywords: FILM LAYER, SOIL MULCHING,
MULCHING FILM, MELONS, MECHANIZATION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-007>

Введение. Механизация процессов в агробизнесе способствует повышению эффективности работы предприятий АПК, оптимизации процессов производства качественной продукции. Для этого применяются различного рода сельскохозяйственные машины: плуги – для основной обработки почвы, культиваторы – для ухода за посевами, сеялки – для посевных работ, различные разбрасыватели удобрений и средств защиты растений, кормозаготовочная техника, зерно- и кормоуборочные комбайны и др.

Отличительной особенностью возделывания бахчевых культур в системе открытого грунта является мульчирование почвы [1]. В открытом грунте бахчевые выращивают укрывным методом, который достигается за счет укладки мульчирующей пленки на грядки и поверх грядок, прокладывая так называемый пленочный туннель.

Мульчирование почвы направлено на решение следующих вопросов:

- создание микроклимата для развития растений на ранних этапах развития;
- подавление роста сорной растительности;
- поддержание водно-минерального баланса почвы посредством удержания в ее слоях влаги, что особенно важно для засушливых регионов;
- обеспечение оптимальной температуры прорастания семян;
- обеспечение благоприятной температуры для стабильного развития корневой системы растений.

Мульчирование почвы при возделывании различных овощных и ягодных культур производят разными мульчирующими материалами [2]. Самым доступным является полимерная пленка, при этом возможно

<http://ej.kubagro.ru/2026/03/pdf/07.pdf>

использование в качестве мульчирующего материала и незерновой части урожая (солома, сено), что актуально для предприятий АПК с замкнутым циклом производства при использовании ресурсосберегающих технологий, однако, такой подход является весьма ресурсозатратным и дорогим при одинаковом эффекте и более низкими затратами в сравнении с использованием полимерной пленки.



Рисунок 1 – Мульчированные грядки арбуза

Целью исследования является обзор предложений технических решений в конструкциях, обеспечивающих укладку мульчирующей пленки при возделывании бахчевых культур в системе открытого грунта укрывным методом, направленный на повышение эффективности механизации процессов мульчирования почвы.

Материалы и методы. В ходе работы проведен анализ научно-технической литературы по тематике исследования с патентным поиском

конструкций, обеспечивающих укладку мульчирующей пленки при выращивании бахчевых культур в открытом грунте [3]. Рассмотрены различные возможные конструкции пленкоукладчиков, имеющих свои отличительные особенности по части исполнения рабочих органов.

Согласно использованному методу экспертных оценок, было определено, что мульчирование почвы при выращивании бахчевых наиболее целесообразно производить пленочным мульчирующим укрывным материалом. Для пленки, укладываемой на грядки, рекомендуемая ширина бобины – 900 мм, для пленки, укладываемой поверх грядок (пленочный туннель), рекомендуемая ширина бобины – 1400 мм при толщине материала в 3 мкм.

Результаты и их обсуждение. Мульчирование почвы является комплексным процессом. В этой связи оптимизация данных процессов заключается в возможности выполнения одной машиной нескольких технологических операций за один проход. Для укладки мульчирующей пленки на грядки применяют пленкоукладчики.

Мульчирование почвы пленкой включает в себя несколько операций, а именно: разматывание пленочного материала и его натяжение, укладка пленки, заделка пленки почвой [4].

Конструкция для укладки мульчирующей пленки, заключается в том, что пленкоукладчик содержит следующие рабочие органы: бороздообразователь, бобина с пленкой, натяжной ролик, пленкораскладывающий элемент, выравнивающие или ограничительные щитки, заделывающие рабочие органы. В зависимости от производителя рабочие органы машины могут быть выполнены различно.

Рассмотрим этот вопрос более детально.

Для формирования ложе для укладки мульчирующей пленки необходимы соответствующие рабочие органы. Широкое распространение в качестве таковых получили отвалы для обработки почвы. В данном

случае для формирования борозды используется отвальная технология, подобная вспашке почвы, за исключением того, что для формирования ложе оборот пластов почвы происходит в противоположные стороны, наподобие работы лесных плугов, при этом спереди рамы расположен прикатывающий каток, позади которого смонтированы отвальчики (рис. 2).



Рисунок 2 – Пленкоукладчик классический с отвальчиками для ровной укладки

Такое конструктивное решение обеспечивает ровную укладку мульчирующей пленки и качественную ее заделку почвой. Выбор энергосредства при использовании данных типов пленкоукладчиков зависит от тягового сопротивления агрегата, которое можно рассчитать по формуле Горячкина [5]:

$$R_x = a \cdot b \cdot n (k + \varepsilon v^2), \quad (1)$$

где k – коэффициент почвенного сопротивления (для скоростей до 5 км/ч);

ε – коэффициент, учитывающий повышение сопротивления при увеличении скорости;

v – скорость движения агрегата, м/с;

a – глубина обработки (м);

b – ширина захвата одного корпуса/рабочего органа (м);

n – количество рабочих органов.

Также бороздообразователь может быть скомпонован из нескольких составляющих, например почвофрезы и отвальчиков (рис. 3). В данном случае почвофреза обеспечивает крошение почвы для лучшего раскрытия борозды отвальчиками и более ровную заделку пленки почвой.



Рисунок 3 – Пленкоукладчик с почвофрезой для лучшего крошения почвы

Нами предлагается конструктивно-технологическое решение пленкоукладчик с бороздообразователем, имеющим клиновидную форму (рис. 4). Такое конструктивное решение направлено на:

- уменьшение тягового сопротивления;
- улучшения качества формирования борозды посредством возможности изменения угла атаки бороздообразователя для формирования грядок различной ширины.

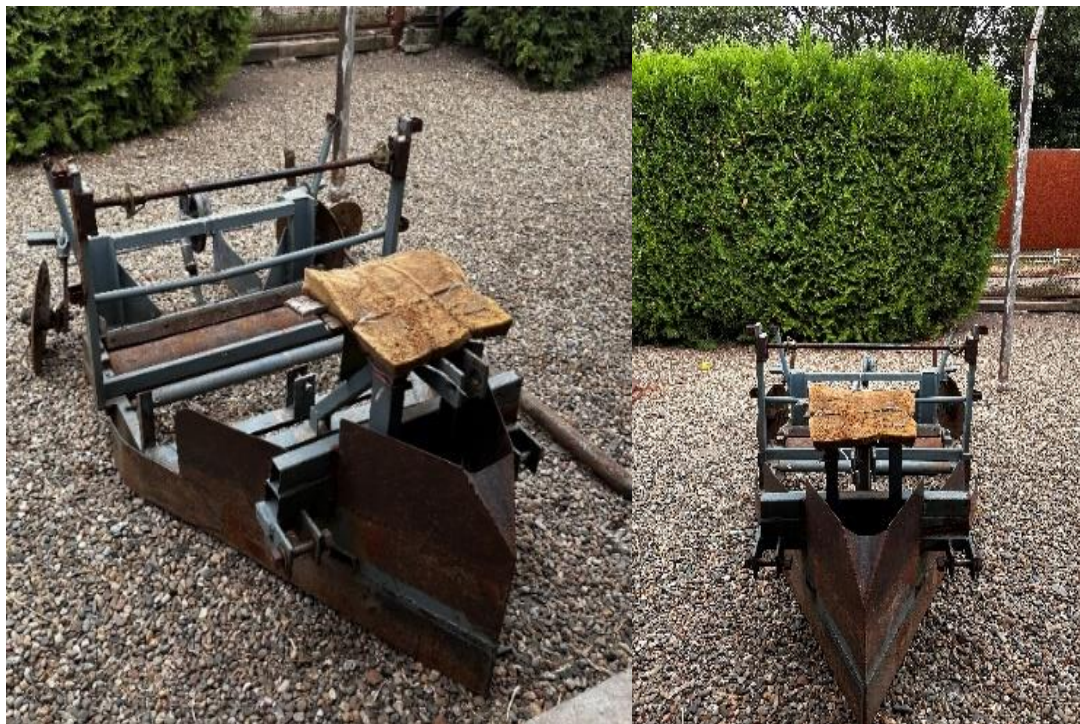


Рисунок 4 – Предлагаемая конструкция разработанного пленкоукладчика

Ширина грядок получается на 10% меньше ширины используемой пленки для мульчирования почвы в силу использования краев пленки для заделки, при этом технологический процесс работы протекает следующим образом: машинно-тракторный агрегат в составе трактора + пленкоукладчик передвигаясь по полю пленкоукладчик формирует посевное ложе для будущей заделки семян, путем разделки пласта почвы, которая укладывается в сторону согласно установленной ширины, которая согласуется с шириной используемой пленки. Затем происходит укрытие сформированного посевного ложа, мульчирующей пленкой, которая разматывается с рулона установленного на пленкоукладчиком, далее край пленки присыпается землей отвальчиками, чтоб исключить ее смещение со сформированной гряды. Далее происходит либо автоматическое формирование (пробивание в пленке отверстий) устройством которое установлено на сам пленкоукладчик, либо это делается в следящий проход ручным способом.

Немаловажным элементом в процессе укладки мульчирующей пленки являются заделывающие рабочие органы [6]. В зависимости от предпочтений производителя они могут быть выполнены в виде заделывающих сферических дисков, загортачей, отвальчиков.



Рисунок 5 – Виды заделывающих рабочих органов: сферические диски и отвалы

Для более интенсивной заделки пленочного материала почвой и при более высоких скоростях преимущественно используют заделывающие сферические диски с изменяющимся углом атаки в диапазоне от 0° до 90° относительно продольной оси симметрии пленкоукладчика.

При этом для ровной полосы открытой пленочной поверхности необходимо использование ограничительных или выравнивающих щитков с возможностью регулировки расстояния между самими щитками, что обеспечит установку защитной зоны необходимой ширины, при этом выставленное расстояние между щитками будет равно ширине сформированных мульчированных грядок.

Пленкораскладывающий элемент представляет собой прикатывающий каток с обводным роликом, которые работают совместно с натяжным роликом. Рекомендуется монтировать на раму при помощи кронштейнов

прижимную пластину на пружинах, которая будет исключать налипание почвы на прикатывающий каток.

Помимо классических пленкоукладчиков для повышения эффективности работы существуют различные их модификации. Например, существуют конструкции, обеспечивающие как укладку мульчирующей пленки, так и укладку путей капельного полива, при этом ленты укладываются под пленочный материал, обеспечивая капельное посадок бахчевых культур [7, 8]. Также разработаны конструкции пленкоукладчиков с сеялками, что позволяет производить высев семян под мульчирующую пленку одновременно с ее укладкой.

Для оптимизации процесса укладки мульчирующей пленки также необходимо создавать отверстия под лунки на мульчированных грядках. Выполняются данные мероприятия вручную и автоматизированно. Ручной способ предполагает перфорацию пленки ручным перфоратором (дыроколом) (рис. 6.)

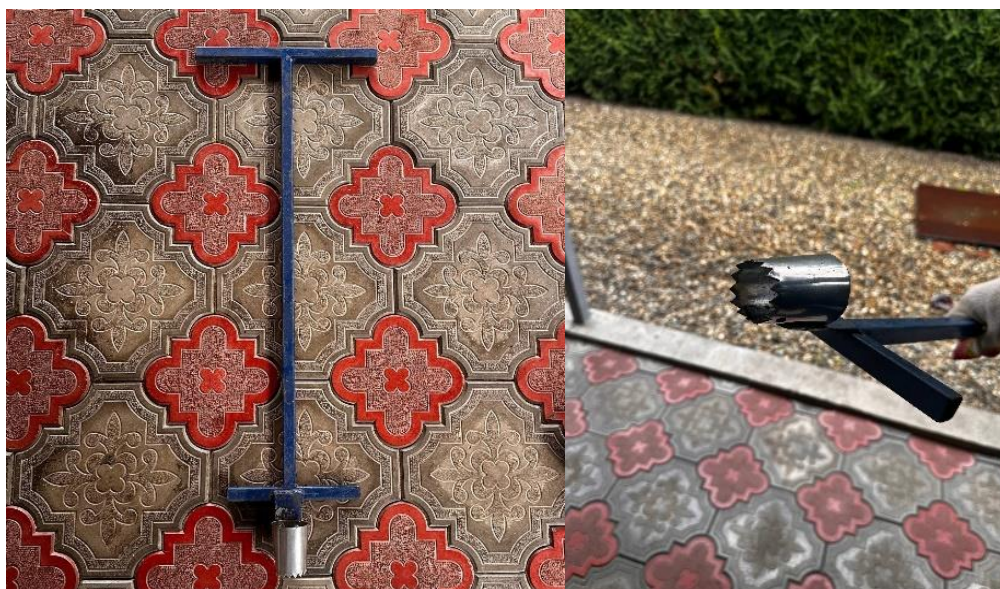


Рисунок 6 – Ручной перфоратор

Автоматический способ предполагает установку на раму пленкоукладчика специального перфоратора, который по ходу движения машины будет создавать отверстия на пленке под лунки. При этом перфоратор регулируется в зависимости от шага посадки, т.е. выбор диаметра колеса зависит от величины расстояния между кустами бахчевых. Классически шаг посадки при возделывании бахчевых составляет 850...950 мм. Таким образом, рекомендуется использовать перфоратор диаметра

$$d = \frac{850 \dots 950}{3,14} = 27 \dots 30 \text{ см.}$$


Рисунок 7 – Автоматический перфоратор

Также для оптимизации процессов рекомендуется использовать маркер для отметки междурядий (при отсутствии подруливающих устройств и систем параллельного вождения), что обеспечит ровные, параллельные мульчированные гряды, оптимальная ширина междурядий составляет 190...200 см.

Для укрытия грядок пленочным туннелем используются пленкоукладчики-дугоукладчики (рис. 8), которые обеспечивают укладку каркаса, на который затем натягивается мульчирующая пленка. Каркас может быть выполнен из металлических или пластиковых дуг.



Рисунок 8 – Пленкоукладчик-дугоукладчик

Также для рационализации данных процессов актуально сделать возможным автономную работу пленкоукладчика. Такой подход предполагает внедрение в конструкцию электропривода или частичное замещение использования энергосредства с уклоном на ресурсосбережение, например мотоблок-пленкоукладчик (рис. 9).



Рисунок 9 – Мотоблок-пленкоукладчик

Выводы. Достаточного качества укладки мульчирующей пленки при выращивании бахчевых в системе открытого грунта можно достичь оптимизацией данного процесса, что предполагает multifunctionality, energy saving of the proposed technical solutions for the construction of mulch-layers.

Разработаны предложения по модернизации пленоукладчика, включающие:

- бороздообразователь клиновидной формы;
- заделывающие рабочие органы в виде сферических дисков с изменяющимся углом атаки;
- автоматические перфораторы для формирования лунок;
- маркеры для отметки междурядий и точной укладки мульчирующего материала.

Данные технические решения позволят улучшить качество укладки мульчирующей пленки при возделывании бахчевых культур в системе открытого грунта: в настоящее время авторами поданы и одобрены 2 заявки на выдачу патента на изобретение RU 2025 128637 «Пленкоукладчик», RU 2026 101638 «Устройство для укладки мульчирующей пленки» и 2 заявки на выдачу патента на полезную модель RU 2025 132590 «Машина для укладки мульчирующей пленки по ширине ряда», RU 2026 101649 «Машина для укладки мульчирующей пленки и лент капельного орошения».

Дальнейшие исследования будет являться изучение процесса использования полимерной пленки в качестве мульчирующего материала. Так как такое решение является наиболее доступным с финансовой точки зрения, но не изучено с точки зрения экологии [9].

Список литературы

1. Ан, С. И. Ресурсосберегающие технологии возделывания Арбузов типа Кримсон Свит / С. И. Ан, С. В. Белоусов // Наука и молодежь: новые идеи и решения в АПК : материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Иваново, 15–17 апреля 2025 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2025. – С. 268-270. – EDN CWBGNN.
2. Рахматов, А. Тарвуз мевасининг ўрточа вазнига ва ҳосилдорлигига озикланиш майдонини таъсири / А. Рахматов, Ш. Азизов // Agro kimyo himoya va o`simliklar karantini. – 2025. – Vol. 111, No. 3. – P. 56-58. – DOI 10.63241/2025322akhv. – EDN YHCBSK.
3. Белоусов, С. В. Патентный поиск конструкций пленкоукладчиков для возделывания ягод и овощей в системе открытого грунта / С. В. Белоусов, С. И. Ан // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 211. – С. 723-733. – DOI 10.21515/1990-4665-211-059. – EDN RXUJYV.
4. Ан, С. И. К вопросу возделывания бахчевых и ягодных культур в условиях недостаточной влажности в южных регионах России / С. И. Ан, С. В. Белоусов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 213. – С. 32-43. – DOI 10.21515/1990-4665-213-003. – EDN DHCPAT.
5. Энергоемкость обработки почвы при комбинации отвального и плоскорезного технологических процессов / В. М. Бойков, С. В. Старцев, А. В. Павлов, Е. С. Нестеров // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2023. – № 1. – С. 162-168. – EDN STSRUA.
6. Ан, С. И. Технологии возделывания бахчевых культур / С. И. Ан, С. В. Белоусов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам

80-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2024 год, Краснодар, 28 марта 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2025. – С. 191-193. – EDN OUDTMC.

7. Бородычев, В. В. Параметры водного режима капельного орошения при возделывании арбуза в аридных условиях / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, А. А. Дедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 218-225. – EDN YSLFER.

8. Экспериментально-производственное обоснование новых приёмов возделывания арбуза столового в условиях орошаемого земледелия / И. В. Сатункин, А. Е. Бесчетнов, С. Н. Дерябин, П. И. Ванчинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6(110). – С. 90-99. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-90-98. – EDN PCXYRY.

9. Chemical leaching from polyethylene mulching films to soil in strawberry farming / C. Scopetani, S. Selonen, A. Cincinelli, Ju. Pellinen // *Frontiers in Environmental Science*. – 2023. – Vol. 11. – DOI 10.3389/fenvs.2023.1129336. – EDN HYZIOE.

References

1. An, S. I. Resursosberegayushchiye tekhnologii vozdelevaniya Arbuzov tipa Krimson Svit / S. I. An, S. V. Belousov // *Nauka i molodezh': novyye idei i resheniya v APK : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh, Ivanovo, 15–17 aprelya 2025 goda*. – Moskva: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Rusayns", 2025. – S. 268-270. – EDN CWBGNN.

2. Рахматов, А. Тарвуз мевасининг ўртача вазнига ва ҳосилдорлигига озиқланиш майдонини таъсири / А. Рахматов, Ш. Азизов // *Agro kimyo himoya va o`simliklar karantini*. – 2025. – Vol. 111, No. 3. – P. 56-58. – DOI 10.63241/2025322akhv. – EDN YHCBSK.

3. Belousov, S. V. Patentnyy poisk konstruksiy plenkoukladchikov dlya vozdelevaniya yagod i ovoshchey v sisteme otkrytogo grunta / S. V. Belousov, S. I. An // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2025. – № 211. – S. 723-733. – DOI 10.21515/1990-4665-211-059. – EDN RXUJYV.

4. An, S. I. K voprosu vozdelevaniya bakhchevykh i yagodnykh kul'tur v usloviyakh nedostatochnoy vlazhnosti v yuzhnykh regionakh Rossii / S. I. An, S. V. Belousov // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2025. – № 213. – S. 32-43. – DOI 10.21515/1990-4665-213-003. – EDN DHCPAT.

5. Energoyemkost' obrabotki pochvy pri kombinatsii otval'nogo i ploskoreznogo tekhnologicheskikh protsessov / V. M. Boykov, S. V. Startsev, A. V. Pavlov, Ye. S. Nesterov // *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. – 2023. – № 1. – S. 162-168. – EDN STSRUA.

6. An, S. I. Tekhnologii vozdelevaniya bakhchevykh kul'tur / S. I. An, S. V. Belousov // *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik statey po materialam 80-y nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov po itogam NIR za 2024 god, Krasnodar, 28 marta 2025 goda*. – Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. I.T. Trubilina, 2025. – S. 191-193. – EDN OUDTMC.

7. Borodychev, V. V. Parametry vodnogo rezhima kapel'nogo orosheniya pri vozdelevanii arbuza v aridnykh usloviyakh / V. V. Borodychev, E. B. Dedova, A. A. Dedov // *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*. – 2017. – № 1(45). – S. 218-225. – EDN YSLFER.

8. Eksperimental'no-proizvodstvennoye obosnovaniye novykh priyomov vozdelevaniya arbuza stolovogo v usloviyakh oroshayemogo zemledeliya / I. V. Satunkin, A. Ye.

Beschetnov, S. N. Deryabin, P. I. Vanchinov // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2024. – № 6(110). – S. 90-99. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-90-98. – EDN PCXYRY.

9. Chemical leaching from polyethylene mulching films to soil in strawberry farming / C. Scopetani, S. Selonon, A. Cincinelli, Ju. Pellinen // *Frontiers in Environmental Science*. – 2023. – Vol. 11. – DOI 10.3389/fenvs.2023.1129336. – EDN HYZIOE.