

Научная статья.
УДК 633.1:635.1

ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВСХОДОВ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ КИТАЯ

^{1,2}Чжан Лили, ²Игорь Игоревич Бородин

¹Шеньянский технологический институт, провинция Ляонин, Китай

²ФГБОУВ ВО Приморский ГАТУ, Приморский край, Уссурийск, Россия

Аннотация. Китай - крупная аграрная страна с многолетней историей сельскохозяйственного производства и культуры земледелия, в то же время для удовлетворения потребностей населения ей необходимо постоянно увеличивать производство продуктов питания. В производстве пропашных культур однородность и качество всходов является определяющим фактором для получения высокой урожайности. В статье систематически анализируются факторы, влияющие на однородность всходов, а также предлагаются методы и средства решения проблемы неоднородности. Основная концепция повышения урожайности пропашных культур подразумевает использование качественного семенного материала, оптимальных агротехнических методов, оптимальной системы машин и посевных комплексов. Приводятся способы увеличения однородности всходов путем создания адаптивных систем поддержания необходимой глубины посева в зависимости от параметров почвы в режиме реального времени.

Ключевые слова: неравномерность всходов, точный посев, агрономия, сельскохозяйственная техника, глубина посева.

Для цитирования: Чжан Лили, Бородин И.И. Обзор методов и средств обеспечения равномерности всходов пропашных культур на примере исследований Китая // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 54-59.

Original article

REVIEW OF METHODS AND MEANS OF ENSURING UNIFORMITY OF SEEDLINGS OF ROW CROPS ON THE EXAMPLE OF CHINESE RESEARCH

^{1,2}Chzhang Lili, ²Igor' I. Borodin

¹Shen'yang Institute of Technology, Shen'yang, China,

²Primorsky State Agrarian - Technological University, Primorsky Krai, Ussuriisk, Russian Federation,

Abstract. China is a large agrarian country with a long history of agricultural production and farming culture, but at the same time, it needs to constantly increase food production to meet the needs of its population. In row crop production, uniformity and quality of seedlings is a determining factor for obtaining high yields. The article systematically analyzes the factors affecting the uniformity of seedlings, and also suggests methods and means to solve the problem of heterogeneity. The basic concept of increasing the yields of row crops implies the use of high-quality seed material, optimal agrotechnical methods, an optimal system of machines and sowing complexes. The methods of increasing the uniformity of seedlings by creating adaptive systems for maintaining the required seeding depth depending on soil parameters in real time are presented.

Key words: unevenness of seedlings, precise seeding, agronomy, agricultural machinery, seeding depth.

For citation: Chzhang Lili, Borodin I.I. Review of methods and means of ensuring uniformity of seedlings of row crops on the example of Chinese research// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 54-59.

Введение: Зерновые культуры богаты питательными веществами и являются основным источником продовольствия человечества, дают сырье для пищевой промышленности и корма для животноводства, составляют основу сельского хозяйства большинства стран [1]. На долю зерновых культур Китая приходится 76,5% всех посевных площадей, в основном это рис, пшеница, кукуруза и соя. В 2022 году посевная площадь зерновых в стране составила 118,332 тыс. га при общем объеме производства 686,52 млн. тонн.

Прорастание семян и появление всходов пропашных культур являются начальными этапами их роста, а равномерность всходов на этом этапе имеет непосредственное влияние на общую тенденцию развития растений и урожайность. Конфликты между неравномерно развивающимися всходами, конкурирующими за такие ресурсы, как вода, удобрения, воздух, тепло и свет, усиливаются, вызывая слабость более мелких растений, образование полых стеблей или колосков и в целом снижение урожайности. Необходимо проводить углубленные исследования и принимать меры для решения про-

блемы дисбаланса всходов и улучшать всхожесть семян, внося тем важный вклад в производство продуктов питания и продовольственную безопасность [2].

Цель исследования. Проведение анализа существующего опыта исследователей Китая по созданию благоприятных условий, обеспечивающих равномерность всходов пропашных культур и их качество.

Материалы и методы. Для проведения исследования был осуществлен систематический анализ литературных источников. Поиск литературы был осуществлен в научных базах данных CNKI и Vaidu Academic с использованием ключевых слов и фраз, связанных с темой исследования. Отобранные источники были оценены на релевантность и качество информации. После этого была проведена систематизация и классификация данных по различным аспектам значения регулировки глубины посева, таким как технологии, методы, инструменты и факторы влияния. Результаты анализа литературы были обобщены и синтезированы для формулирования основных выводов и заключений о текущем состоянии и перспективах развития в данной области.

Результаты и их обсуждение. Средства получения данных о неоднородности всходов. Ручное наблюдение обычно весьма трудоемко, и для оценки общего статуса всхожести использовали анализ контрольных участков [1]. С развитием систем искусственного интеллекта и внедрением их в современное сельскохозяйственное производство, стало возможным развитие методов сельскохозяйственного производства от механизации до автоматизации и интеллекта. В результате возникли передовые формы сельскохозяйственного производства, такие как точное земледелие, цифровое сельское хозяйство, умное сельское хозяйство и беспилотные фермы, опирающиеся на высокотехнологичные информационные технологии. Китай также полагается на интеллектуальную сельскохозяйственную технику, биотехнологии и информационные технологии для реализации умного сельского хозяйства, которое может реализовать основные функции восприятия информации: принятие решений на основе статистических наблюдений, интеллектуальной контроль, точечные инвестиции и персонализированные действия, а также интеграция в систему, национальной умной экономики [2].

Фу Хао и др. разработали устройство машинного зрения для определения площади листьев рассады кукурузы, чтобы обеспечить быстрое, эффективное, неразрушающее обнаружение в режиме реального времени. Среднее время для одного проростка кукурузы составляет 34 секунды. Эксперименты показывают, что устройство может соответствовать требованиям для периодического мониторинга рассады кукурузы [3].

На основе камеры RGB-D Ян Си и др. использовали метод обработки данных цветного трехмерного облака точек с видом сверху, чтобы добиться быстрого неразрушающего измерения высоты растения рассады огурца на заводской линии по производству рассады. Результаты показали, что средняя ошибка измерения высоты растений рассады огурца составила 2,30 мм, средняя относительная ошибка измерения - 7,69% [4].

Дай Цзяньго и другие использовали изображения дистанционного зондирования в видимом свете БПЛА для получения информации о состоянии рассады хлопка, добившись быстрого мониторинга состояния рассады на больших площадях хлопковых полей. Результаты показали, что точность модели составила 97,17% [5].

Цзян Юи и другие использовали платформу дистанционного зондирования дронов для получения цифровых изображений и данных облака точек LiDAR (обнаружение света и дальность, LiDAR) на 314 участках селекции кукурузы высокой плотности с различными генотипами в полевых условиях, реализуя автоматическое определение количества взрослых особей растений на участках с высокой плотностью выращивания кукурузы [6].

Чжан Сяоцин и др. использовали два источника данных: изображения в видимом свете с большой временной серией, полученные с помощью высокопроизводительной платформы сбора фенотипов полевых культур (рис. 1), и изображения в видимом свете, полученные с помощью дронов, для построения данных изображения процесса всходов кукурузы при различных условиях освещенности (рис. 2). Установки осуществляют идентификацию и подсчет всходов кукурузы, непрерывный мониторинг динамики всходов в сложных полевых условиях, а также оценивают и анализируют продолжительность и равномерность всходов каждого сорта кукурузы. Результаты испытаний показывают, что при применении к платформе БПЛА для обнаружения всходов точность распознавания в солнечные и пасмурные дни составляет 91,43% и 89,77% соответственно, что может удовлетворить потребности автоматического обнаружения всходов кукурузы в реальных сценариях применения [7].



Рисунок 1 - Фактический вид фенотипической платформы

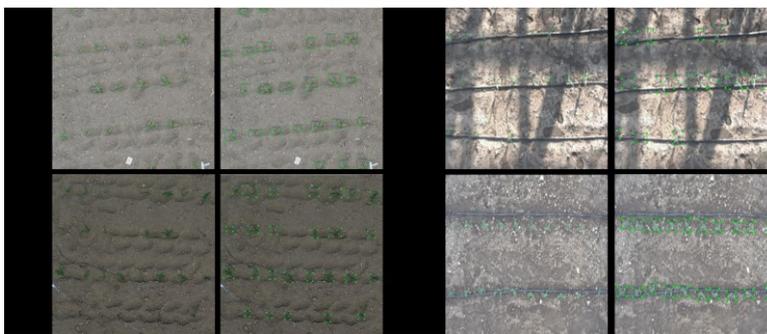


Рисунок 2 - Изображения в видимом свете и их обработка при различных условиях освещения

Ян Ян и др. предложили метод оценки качества всходов арахиса, основанный на машинном зрении с высокой скоростью обработки данных. Результаты испытаний показывают, что средний уровень точности использования машинного зрения для определения количества всходов арахиса составляет 95,4%. Оценка вручную и оценка на основе машинного зрения имеют высокую сходимость [8].

Основные меры Китая по решению проблемы неравномерности всходов. Государственная поддержка. Качество семян является предпосылкой и гарантией сельскохозяйственного производства. Ежегодно ЦК Коммунистической партии Китая и Госсовет издает решение о всестороннем продвижении ключевых работ по возрождению села и поддержки фермеров. В таком решении от 2023 года четко указан план действий по возрождению семеноводства. Указаны ключевые задачи, механизмы оценки, селекционные проекты, необходимые сорта и другие цели работы.

Регулирование и поощрение независимых прав интеллектуальной собственности. Семена – это основа растениеводческой отрасли сельского хозяйства, а качественные семена имеют решающее значение для обеспечения национальной продовольственной безопасности и стабильных поставок сельскохозяйственной продукции. В настоящее время Китай производит отечественные семена риса, пшеницы, сои, рапса, хлопка и других сельскохозяйственных культур. Доля выведенных сортов кукурузы увеличилась до 91%, а доля овощей превысила 87%. Улучшенные сорта способствуют более чем на 45% повышению урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивая мощную поддержку для обеспечения национальной продовольственной безопасности и эффективных поставок важной сельскохозяйственной продукции [9].

Разработка правил, обеспечивающих качество и безопасность семян. В 2000 году был обнародован «Закон Китайской Народной Республики о семенах», официально переводивший ресурсы зародышевой плазмы сельскохозяйственных культур на стадию юридического управления; в 2015 году был принят «Национальный план среднесрочного и долгосрочного развития по защите и использованию ресурсов зародышевой плазмы сельскохозяйственных культур» (2015-2030)», который разъяснил общую идею работы, направленную на защиту и эффективное использование; позже были выпущены «План действий по возрождению семеноводства», «Региональные методы испытаний основных сортов сельскохозяйственных культур» и «Производство семян сельскохозяйственных культур», а также и «Меры по управлению лицензиями на использование».

Агрономические технологии. Улучшение качества подготовки земли для обеспечения хорошей воздухопроницаемости, удержания воды и удобрений [10]. Своевременная пересадка для обеспечения полноты всходов. Если на стадии прорастания семян сеянцы появляются неравномерно, их следует вовремя пересадить.

Послевсходное боронование является важным фактором в обеспечении однородности всходов, особенно в современном производстве риса и пшеницы при соблюдении основных норм, данный процесс дает увеличение равномерности всходов до 7% [11].

Чжан Жуй изучил влияние давления колес на глубину посева и время появления всходов, и пришел к выводу, что при силе давления 200 Н эффект при посеве является оптимальным [12].

Неблагоприятные погодные условия являются важным фактором, влияющим на прорастание и всхожесть семян. Для снижения негативного воздействия засухи на появление всходов в северном Китае проводятся исследования эффективности использования ирригационного оборудования [13].

Проведение работ по борьбе с вредителями. Чтобы справиться с влиянием вредителей и болезней на прорастание и всходы семян, с одной стороны, мы должны хорошо поработать над почвой и обработкой семян; с другой стороны, мы должны хорошо поработать над профилактикой и контролем вредителей и болезней во время обработки поля, чтобы минимизировать влияние вредителей и болезней на всходы семян и обеспечить стабильность всходов.

Технология точного высева. Технология точного посева заключается в посеве заданного количества семян на заданную площадь поля, отвечающую требованиям. Трехмерное пространственное координатное положение определяет междурядье, шаг высева и глубину высева для экономии качественного посевного материала, сохранности плодородия почвы, сокращения рабочего времени и обеспечения равномерности всходов [25].

Эта технология является передовой, включающей сельскохозяйственную технику, агрономию и другие междисциплинарные интеграции. В настоящее время она широко используется для посева сои, кукурузы, хлопка и других культур.

Технология безпахотного посева. Защитная обработка почвы (например, сокращенная обработка почвы, нулевая обработка почвы и т. д.) в сочетании с возвратом соломы считается подходящим методом ведения сельского хозяйства на засушливых землях. Защитная обработка почвы уменьшает эрозию почвы, уменьшает инфильтрацию почвенной воды, улучшает способность почвы удерживать воду, способствует росту корней пшеницы и способствует устойчивому производству сельскохозяйственных культур.

Обеспечение постоянства глубины высева. Чтобы учитывать состояние поверхности в условиях защитной обработки почвы и обеспечить постоянство глубины посева в настоящее время используется метод контроля глубины борозды с помощью ограничительного колеса, которое движется по поверхности почвы. Методы контроля глубины в основном включают профилирование на одном высевающем аппарате и общее профилирование. В первом случае эффект копирования лучше, чем общее копирование.

Профилирующее устройство. Копирующая скользящая пластина, ограничивающая глубину, имеет простую конструкцию, точное профилирование и обеспечивает постоянную глубину борозды. Однако его неудобно использовать и регулировать. Копирующее колесо ограничения глубины всегда находится в контакте с поверхностью земли, а рабочее сопротивление велико. Особенно на тяжелой и влажной почве ее прилипание ухудшает эффект профилирования.

Колеса ограничения глубины устанавливаются сзади с обеих сторон дискового бороздообразователя, то есть в точке заделки семян для копирования формы и контроля глубины посева. Однако, поскольку профилирующие колеса расположены с обеих сторон бороздообразователя, ширина отдельного компонента увеличивается, что затрудняет обработку культур с узкими междурядьями.

Методы и характеристики регулировки глубины высева в реальном времени. В настоящее время в области контроля глубины посева регулировку глубины посева можно разделить на два метода: активный и пассивный. Большинство компаний используют пассивные устройства, такие как колеса, ограничивающие глубину посева.

Пассивное профилирование широко используется из-за его простой структуры, низкой стоимости и хороших возможностей профилирования. Однако этот метод профилирования не может реагировать быстро и точно в соответствии с фактическими условиями почвы, и возникают проблемы с опережением и запаздыванием профилирования. Это дает неравномерную глубину посева семян и даже их не заделку, что влияет на равномерность появления всходов [14].

При активном профилировании используются различные датчики для определения рельефа поверхности, дополнительные устройства обеспечивают обратную связь в реальном времени, передачу сигнала на электронный контроллер глубины привода и управления исполнительными механизмами, такими как гидравлическая система, для регулировки глубины высева [15].

Метод пассивной регулировки. Глубина борозды контролируется путем ручной регулировки разницы высот между профилирующим колесом и сошником. Процесс регулировки трудоемкий, точность зависит от изменений почвы в реальном времени.

Сеялки производства John Deere и Lovol оснащены колесами, ограничивающими глубину, в которых оператор может вносить регулировки вручную в соответствии с изменениями рельефа местности.

Активное регулирование глубины. Компания Amazone производит электронное устройство контроля глубины, которое представляет собой ультразвуковой датчик, установленный на сошнике и определяющий глубину борозды в режиме реального времени. Если глубина борозды отклоняется от заданного значения, она будет регулироваться с помощью гидравлической системы для достижения равномерности.

Э.Т. Уэзерли и К.Г. Бауэрс-младший разработали систему автоматического регулирования глубины посева для активных сеялок на основе датчиков влажности. Система использует DFS для определения сопротивления почвы для получения содержания влаги в почве, а затем управляет высевающим комплексом через контроллеры, гидравлические системы, механизмы регулировки и т. д. для установки сошника в необходимое положение, тем самым обеспечивая глубину, соответствующую влажности почвы.

Сеялка, разработанная China Huahong Machinery, может измерять влажность почвы и регулировать глубину посева в зависимости от влажности с помощью электрического толкателя [16, 17]. Сеялка, разработанная Пекинским исследовательским центром сельскохозяйственного интеллекту-

ального оборудования, использует датчики для определения глубины посева в режиме реального времени и сравнивает ее с глубиной посева, установленной в соответствии с полевыми условиями при начале работы, чтобы контролировать постоянство глубины посева и установленное значение.

Для решения проблемы низкой точности профилирования механическими устройствами, Ван Си и другие использовали технологию электрогидравлического управления системой профилирования, чтобы повысить точность контроля глубины посева и решить проблему запаздывания и искажения формы профилирования [18].

Чжао Цзиньхуэй и др. разработали систему контроля глубины борозды. Система включает в себя механизм определения высоты поверхности, четырехзвенный механизм профилирования, систему управления и гидравлическую систему для одновременного профилирования и контроля глубины борозды в режиме реального времени. Система обладает высокими характеристиками чувствительности и точности управления [19].

Хуан Дунъянь и др. применили пьезоэлектрический пленочный датчик на внутренней стенке резинового колеса, ограничивающего глубину, для контроля давления высевающего аппарата на поверхность в режиме реального времени, а также использовали пневматическую пружину для обеспечения прижимной силы высевающего аппарата для регулировки глубины высева. Окончательные результаты испытаний показывают, что разработанная активная система автоматического контроля глубины высева может точно контролировать глубину борозды и имеет надежные характеристики профилирования. При рабочей скорости от 5 до 8 км/ч коэффициент поддержания глубины высева достигает 90%, а при рабочей скорости более 8 км/ч точность определения глубины высева значительно выше, чем у пассивного устройства [20].

Заключение. Неоднородность всходов оказывает решающее влияние на урожайность пшеничных культур, поэтому соответствующие исследовательские методы и меры по повышению однородности требуют дальнейшего совершенствования.

Соответствующая и равномерная глубина посева имеет решающее значение для развития продовольственных культур. Она определяет скорость всходов, равномерность всходов, состояние роста всходов и напрямую влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Необходимо использовать технические средства, позволяющие адаптироваться к изменениям почвенных условий, корректировать глубину посева в реальном времени и обеспечивать постоянство появления всходов.

Путем анализа литературных и производственных данных установлено, что существующие методы контроля глубины посевов имеют следующие проблемы:

1. Неудобный метод регулировки, требующий от оператора прекращения посева и ручной регулировки, что отнимает много времени и сил. Человеческий фактор влияет на качество посева.
2. Учитываются только отдельные факторы, такие как влажность почвы и изменения рельефа, а изменения комплексных факторов, таких как твердость, влажность и рельеф не учитываются комплексно.
3. Целевое значение глубины посева является фиксированным и не может быть скорректировано. Обычно фиксированное целевое значение глубины посева устанавливается только для крупных участков, и почвенные условия определенного участка не меняются в реальном времени. На самом деле мы знаем, что почвенные условия различаются даже на небольших участках.
4. Таким образом, разработка системы регулировки глубины посева с простой структурой, удобной регулировкой, высокой степенью автоматизации и точностью для адаптации к изменениям почвенных условий в реальном времени, контроля глубины посева и обеспечения стабильного высева является актуальной научной и практической задачей.

Список источников

1. Высокопроизводительный метод динамического мониторинга стадии рассады полевой кукурузы / Чжан Сяоцин, Шао Сун, Го Синьюй и др. // Интеллектуальное сельское хозяйство (китайский и английский). 2021. № 3 (02). С. 88-99.
2. Ян Тао, Ли Сяосяо. Прогресс исследований в области технологий машинного зрения в современном сельскохозяйственном производстве // Китайский журнал механизации сельского хозяйства. 2021. № 42 (03). С. 171-181.
3. Проектирование и эксперимент устройства определения площади листьев рассады кукурузы на основе машинного зрения / Фу Хао, Ван Пэн, Ши Цзявэй и др. // Журнал Сельскохозяйственного университета Хуачжун. 2020. № 39 (1). С. 161-170.
4. Метод измерения высоты групп рассады овощей на основе камеры RGB-D / Ян Си, Гао Ваньлинь, Ми Цзяци и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2019. № 50 (S1). С. 128-135.

5. Извлечение информации о состоянии рассады хлопчатника с помощью изображений дистанционного зондирования БПЛА в видимом свете / Дай Цзяньго, Сюэ Цзиньли, Чжао Цинчжан и др. // Труды Китайского общества сельскохозяйственной инженерии. 2020. № 36 (04). С. 63-71.

6. Исследование автоматического подсчета растений кукурузы на основе трехмерного облака точек дронов / Цян Юю, Чжан Чэнцзянь, Хань Шаоюй и др. // Журнал Zhejiang Agricultural Sciences. 2022. № 34 (09). С. 2032-2042.

7. Метод оценки качества всходов арахиса на основе алгоритма адаптивной классификации изображений / Ян Ян, Мяо Вэй, Чжан Ти и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2018. № 49 (03). С. 28-35.

8. Хуан Цзикунь. Переосмысление продовольственной безопасности Китая в ближайшем, среднесрочном и долгосрочном периоде // Вопросы сельскохозяйственной экономики. 2021. № 1. С. 19-26.

9. Причины и меры борьбы с неравномерным всходом яровой сои в районе / Ланфан Хуа Цзяньсинь, Ван Цилян, Лю Цзинь и др. // Современная сельская наука и технология. 2020. № 4. С. 28.

10. Ключевые факторы и меры противодействия, влияющие на появление стерни риса и пшеницы / Ян Сидзюнь, Гу Кэджун, Чжан Хэнган и др. // Jiangsu Agricultural Sciences. 2011. № 39 (05). С. 89-91.

11. Чжан Жуй. Исследование механизма контроля глубины посева при нулевой посева кукурузы по стерне пшеницы на площадях с двумя культурами в год // Китайский сельскохозяйственный университет, 2016.

12. Чжэн Сяолун. Исследование микропроцессорной системы управления точным посевом // Хуачжунский сельскохозяйственный университет, 2006.

13. Лю Цзюань. Исследования прорастания и появления семян пшеницы и факторов, влияющих на них // Сельскохозяйственные исследования катастроф. 2023. № 13 (04). С. 58-60.

14. Чжоу Шухуэй, Ван Цзэнхуэй, Хуан Дунци. Интеллектуальная система регулировки глубины посева сеялки для нулевой обработки почвы на основе датчика Flex // Журнал университета Цицинь (изд. Information Science). 2020. № 38 (05). С. 555-562.

15. Фэн Инин. Проектирование и экспериментальное исследование одиночного агрегата для плотного посева сои, кукурузы и арахиса // Северо-восточный аграрный университет, 2016.

16. Мэн Пэнсян, Исследование интеллектуальной системы мониторинга кукурузной сеялки точного высева // Шаньдунский технологический университет, 2016.

17. Гэн Сюэцян, Исследование по контролю глубины посева точной гидравлической сеялки // Северо-Восточный университет, 2017.

18. Ход исследований в области технологии контроля глубины посева сеялок / Чжу И, Луо Хайфэн, Мао Цан и др. // Китайский журнал механизации сельского хозяйства. 2019. № 40 (07). С. 114-118.

19. Проектирование и испытания системы контроля глубины траншеи сеялки в помещении / Чжао Цзиньхуэй, Лю Лицзин, Ян Сюэцзюнь и др. // Труды Китайского общества сельскохозяйственной инженерии. 2015. № 31 (06). С. 35-41.

20. Система контроля глубины посева сеялки No-till на основе пьезоэлектрической пленки / Хуан Дуньянь, Чжу Лунту, Цзя Хунлей и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2015. № 46 (4). С. 1-8.

Информация об авторах:

Чжан Лили – аспирант ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, директор института международного образования Шеньянского технологического института, 94213031@qq.com.

И.И. Бородин - проректор по научной работе и инновациям, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, borodinigor89@gmail.com.

Information about the authors:

Chzhang Lili - Postgraduate student Primorsky State Agrarian - Technological University, director of the Institute of International Education, Shen'yang Institute of Technology

I.I. Borodin - Vice-Rector for Research and Innovation, Candidate of Technical Sciences, Primorsky State Agrarian - Technological University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 26.02.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.

The article was submitted 26.02.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.

© Чжан Лили, Бородин И.И.