

УДК 331.108.2

DOI: 10.34670/AR.2026.68.25.024

Кадры АПК 4.0: обзор зарубежных публикаций**Кулаев Егор Владимирович**

Кандидат технических наук,
Заместитель первого проректора
Ставропольский государственный аграрный университет,
355017, Российская Федерация, Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;
e-mail: bratinsa@gmail.com

Кизилова Наталья Николаевна

Кандидат филологических наук, доцент,
Доцент кафедры иностранного языка
Ставропольский государственный аграрный университет,
355017, Российская Федерация, Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;
e-mail: natali0403_87@mail.ru

Пупынина Елена Георгиевна

Кандидат экономических наук, доцент,
Доцент кафедры агроэкономики и маркетинга
Ставропольский государственный аграрный университет,
355017, Российская Федерация, Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;
e-mail: elenapupinina@mail.ru

Настоящая статья подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение №075-15-2025-591) в рамках реализации мероприятий программы развития научного центра мирового уровня «Агроинженерия будущего» Ставропольского ГАУ, утвержденной протоколом заседания президиума Комиссии по научно-технологическому развитию Российской Федерации от 29 мая 2025 года № 3.

Аннотация

Векторы будущего развития сельскохозяйственной отрасли связаны с общими тенденциями в современных производственных системах и экономике в целом: повышение эффективности, устойчивости и экологической безопасности, цифровизация, автоматизация, роботизация процессов, приближение точки смены технологического уклада. Сельское хозяйство 4.0, переработка и обеспечивающий комплекс требуют своевременного решения кадровых задач, что определяет актуальность темы исследования. Целью данной статьи является систематизация международного опыта в области формирования и развития кадрового потенциала для агропромышленного комплекса (АПК) эпохи четвёртой промышленной революции. На основе анализа массива зарубежных публикаций выделены ключевые направления исследований: трансформация требований к профессиональным компетенциям, роль непрерывного образования и

переподготовки, интеграция цифровых навыков в традиционные аграрные специальности, а также социальные и управленческие аспекты адаптации персонала к новым технологическим реалиям. Особое внимание уделено вопросам подготовки специалистов, способных работать с большими данными, системами искусственного интеллекта, интернетом вещей и роботизированной техникой. Результаты обзора демонстрируют значительный исследовательский интерес к проблеме и формируют основу для разработки практических решений в области кадровой политики, образовательных стандартов и корпоративных программ развития персонала в контексте перехода к АПК 4.0.

Для цитирования в научных исследованиях

Кулаев Е.В., Кизилова Н.Н., Пупынина Е.Г. Кадры АПК 4.0: обзор зарубежных публикаций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 12А. С. 245-252. DOI: 10.34670/AR.2026.68.25.024

Ключевые слова

Сельское хозяйство 4.0, агропромышленный комплекс, кадры, цифровизация, автоматизация, роботизация, образование, управление персоналом, технологический уклад, профессиональные компетенции.

Введение

Региональное экономическое развитие субъектов Российской Федерации имеет существенные отличия. Они проявляются достаточно ярко в сфере агропромышленного производства в связи с природно-климатическими условиями, сложившейся традиционной специализацией и социально-экономическим потенциалом. Соответственно кадровые задачи агропромышленного комплекса, стоящие перед руководством каждого региона, несмотря на имеющиеся общие характеристики, всегда обладают уникальностью. В связи с этим важно анализировать не только показатели кадровой обеспеченности, но и видение экспертного регионального сообщества кадровой ситуации в отрасли. Цель нашего исследования – определить значимые кадровые задачи АПК 4.0 на примере зарубежных публикаций по данному вопросу. Для понимания общих процессов, характерных для современного этапа развития агропромышленного комплекса важно провести теоретический обзор публикаций с результатами исследований обозначенного предметного поля – кадры АПК 4.0. Актуальность данной темы подтверждается широким дискурсом в научном сообществе экономистов, социологов, исследователей кадровых проблем и других заинтересованных сторон.

Основное содержание

Векторы будущего развития сельскохозяйственной отрасли связаны с общими тенденциями в современных производственных системах и экономике в целом: повышение эффективности и устойчивости и экологической безопасности, цифровизация, автоматизация, роботизация процессов, приближение точки смены технологического уклада. Проецируя эту ситуацию на кадры, нужно говорить о необходимости изменения содержания профессионального образования уже на этапе их подготовки в настоящее время для работы в условиях новых технологических процессов.

В исследовании авторов Chrysanthos Maraveas, Muttukrishnan Rajarajan, Konstantinos G Arvanitis, Anna Vatsanidou проанализированы угрозы кибербезопасности в сельском хозяйстве 4.0 и 5.0. На основе обзора литературы установлено, что «основная угроза кибербезопасности в сельском хозяйстве 4.0 и 5.0 связана с атаками типа «отказ в обслуживании», направленными на серверы и нарушающими работу соответствующих интеллектуальных технологий. Они включают оборудование для отслеживания скота, мониторинга климата, логистики и складирования, а также мониторинга урожая». [Maraveas, Rajarajan, Arvanitis, Vatsanidou, 2024] Таким образом, кадры для сельского хозяйства 4.0 и 5.0 нужно готовить с учетом компетенций, которые дают возможность эффективно решать возникающие рабочие задачи. Авторы подчеркивают, «важнейшая стратегия снижения рисков кибербезопасности включает использование передовых технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), блокчейн и квантовые вычисления, для улучшения обнаружения вредоносных программ в цифровом оборудовании Интернета вещей (IoT) и обеспечения более быстрого реагирования на любые угрозы. Другие меры снижения рисков включают обучение сотрудников передовым практикам кибербезопасности и разработку руководств и нормативных стандартов, регулирующих передовые практики кибербезопасности». [Maraveas, Rajarajan, Arvanitis, Vatsanidou, 2024]

Внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство дает мощный инновационный импульс. В исследовании Federica Costa, Stefano Frecassetti, Matteo Rossini, Alberto Portioli-Staudacher приведен анализ «преимуществ технологии Индустрии 4.0 в сельскохозяйственной отрасли и барьеров, которые могут помешать ее более широкому внедрению. Результаты показывают, что беспилотные летательные аппараты, датчики Интернета вещей, облачные технологии и аналитика больших данных являются одними из самых полезных технологий в сельскохозяйственной отрасли. К числу наиболее существенных препятствий относятся недостаточная государственная поддержка и ограниченный доступ к зарубежным рынкам, а также экономические, технологические и культурные барьеры». [Costa, Frecassetti, Rossini, Portioli-Staudacher, 2023] Можно отметить, что одним из направлений развития кадровой стратегии в сельском хозяйстве 4.0 должна стать подготовка специалистов в области беспилотных летательных аппаратов, облачных технологий и аналитики больших данных.

Повышению устойчивости фермерских хозяйств к неожиданным кризисам посвящено исследование Sergio Gallego-García, Diego Gallego-García, Manuel García-García. Авторы предлагают развивать цифровые двойники в сельскохозяйственном секторе. «Они помогут противостоять любым сбоям в работе, оказывая фермерам поддержку во всех их действиях по управлению и контролю». [Gallego-García, Gallego-García, García-García, 2023] Для успешной работы с моделями цифровых двойников необходимо практическое обучение фермеров соответствующим компетенциям. Таким образом, внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве будущего требует своевременной опережающей подготовки в области цифровизации основных и вспомогательных процессов аграрных предприятий [Muñoz, Torres, Gil, Guzmán, 2025; Thakur, Kaur, Kaur, Tomar, Devi, Thakur, Tyagi, Thakur, Mehta, Yadav, 2022; Budzko, Medennikov, 2021].

Авторы исследования Mahdi Motakefi, Mehdi Dahmardeh, Seyed Ahmad Ghanbari, Mohammad Reza Asgharipour представили свои выводы, которые дают методологию оценки устойчивости производства различных культур в растениеводстве [Motakefi, Dahmardeh, Ghanbari, Asgharipour, 2024]. Применение современных экономических инструментов анализа работы сельскохозяйственной отрасли показывает, что уровень энтропии в растениеводстве и устойчивость производственной системы неодинакова в отношении разных культур. Таким

образом, принятие решения о производственном развитии связано не только с текущими финансово-экономическими результатами деятельности, спросом и предложением на продукцию, соображениями севооборота, но и с будущей устойчивостью производственно-экономической системы. Таким образом, современный вызов устойчивости формирует системный запрос к кадрам формата 4:0, который относится и к стратегическому управлению (менеджеры верхнего звена), экономической эффективности (работники экономической службы) и технологической трансформации (непосредственно исполнители производственных процессов).

Одной из потенциально перспективных областей развития в АПК является работа с отходами. Исследовательский коллектив Carolina Silva Schiebel, Laryssa Regis Bueno и другие показывает скрытый потенциал отходов агропромышленного производства на основе проведенного систематического обзора современных публикаций данной предметной области [Schiebel, Bueno, Pargas, Braga, Silva, Fernandes, Maia, Oliveira, Bach, Maria-Ferreira, 2024]. Авторами были изучены биологические эффекты фракций, экстрактов и биологически активных соединений из агропромышленных отходов и области их потенциального применения. Актуальность развития данного направления (работа с отходами агропроизводства) подтверждается еще в ряде исследований [Georgiou, Diamantis, Aivasidis, 2024; Silva, Alves, Mumbach, Yao, Andersen, Moreira, Jose, 2024; Rodríguez, Berenguel, García-Mañas, Guzmán, Sánchez-Molina, 2024; Enokida, Tapparo, Antes, Steinmetz, Magrini, Sophiatti, Paesi, Kunz, 2025]. Мы рассматриваем выводы статьи с точки зрения предвосхищения кадровых проблем АПК 4:0. Это высокий уровень фундаментальных знаний физических, химических и биологических процессов, готовность к междисциплинарному взаимодействию и поиску стратегий построения устойчивых производственных агроэкологических систем.

Интересное видение векторов развития глобализированного агропромышленного комплекса через призму международного маркетинга и программирования логистических потоков предлагают ученые Alexander Garrido, Leopoldo Eduardo Cárdenas-Barrón, Oscar Yecid Buitrago, Lindsay Álvarez-Pomar [Garrido, Cárdenas-Barrón, Buitrago, Álvarez-Pomar, 2025]. В их работе показана двухэтапная модель линейного программирования (FP-MILP). Она включает в себя детерминированные и нечеткие наборы данных в целевой функции и ограничениях, расчеты эффективности сельскохозяйственных культур и сырья, а также различные температурные уровни и географические районы возделывания. Общий подход к определению устойчивой стратегической конструкции – видение единой, многоуровневой и многопродуктовой глобализированной экономики. Для понимания кадровых вызовов АПК 4:0 мы видим актуальность подготовки специалистов в области математического программирования, цифровых технологий со знанием технологических и экономических процессов аграрного сектора экономики. Большой блок проблем кадрового обеспечения связан именно с цифровизацией и автоматизацией основных и вспомогательных процессов аграрных предприятий [Sridhar, Ponnuchamy, Kumar, Kapoor, Vo, Rangasamy, 2023; Berti, Dalla Marta, Mazzoncini, Tei, 2016].

Заключение

В целом проведенный анализ публикаций, посвященных кадровым задачам агропромышленного комплекса 4:0 позволяет сформулировать ряд выводов:

1. Современный вызов устойчивого развития формирует системный запрос к кадрам АПК

формата 4:0, который относится и к стратегическому управлению (менеджеры верхнего звена), экономической эффективности (работники экономической службы) и технологической трансформации (непосредственно руководители и исполнители производственных процессов).

2. Большой блок проблем кадрового обеспечения связан с цифровизацией и автоматизацией основных и вспомогательных процессов аграрных предприятий. В связи с этим необходима подготовка специалистов в области математического программирования, цифровых технологий со знанием технологических и экономических процессов аграрного сектора экономики.

3. Одним из направлений развития кадровой стратегии в сельском хозяйстве 4.0 должна стать подготовка специалистов в области беспилотных летательных аппаратов, облачных технологий и аналитики больших данных.

4. Актуальность развития работы с отходами агропроизводства задает содержательный тренд подготовки кадров АПК 4:0. Это высокий уровень фундаментальных знаний физических, химических и биологических процессов, готовность к междисциплинарному взаимодействию и поиску стратегий построения устойчивых производственных агроэкологических систем.

Библиография

1. Sergio Gallego-García, Diego Gallego-García, Manuel García-García, Sustainability in the agri-food supply chain: a combined digital twin and simulation approach for farmers, *Procedia Computer Science*, Volume 217, 2023, Pages 1280-1295, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.326>.
2. M. Muñoz, M. Torres, J.D. Gil, J.L. Guzmán, An Internet of Things platform for heterogeneous data integration: Methodology and application examples, *Journal of Network and Computer Applications*, Volume 240, 2025, 104197, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2025.104197>.
3. Neelam Thakur, Simranjeet Kaur, Tanvir Kaur, Preeti Tomar, Rubee Devi, Seema Thakur, Nidhi Tyagi, Rajesh Thakur, Devinder Kumar Mehta, Ajar Nath Yadav, 25 - Organic agriculture for agro-environmental sustainability, Editor(s): Ravindra Soni, Deep Chandra Suyal, Ajar Nath Yadav, Reeta Goel, In *Developments in Applied Microbiology and Biotechnology, Trends of Applied Microbiology for Sustainable Economy*, Academic Press, 2022, Pages 699-735, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91595-3.00018-5>.
4. Vladimir Budzko, Viktor Medennikov, Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming, *Procedia Computer Science*, Volume 190, 2021, Pages 122-129, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.015>.
5. Federica Costa, Stefano Frecassetti, Matteo Rossini, Alberto Portioli-Staudacher, Industry 4.0 digital technologies enhancing sustainability: Applications and barriers from the agricultural industry in an emerging economy, *Journal of Cleaner Production*, Volume 408, 2023, 137208, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137208>.
6. Chrysanthos Maraveas, Muttukrishnan Rajarajan, Konstantinos G Arvanitis, Anna Vatsanidou, Cybersecurity threats and mitigation measures in agriculture 4.0 and 5.0, *Smart Agricultural Technology*, Volume 9, December 2024, 100616, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100616>.
7. Mahdi Motakefi, Mehdi Dahmardeh, Seyed Ahmad Ghanbari, Mohammad Reza Asgharipour, A thermodynamic approach to evaluating the ecological health and sustainability of integrated production systems in Goharkuh Taftan agro-industrial complex and sensitivity analysis of the results, *Heliyon*, Volume 10, Issue 20, 2024, e39210, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39210>.
8. Carolina Silva Schiebel, Laryssa Regis Bueno, Romulo Barreiro Pargas, Lara Luisa Valerio de Mello Braga, Karien Sauruk da Silva, Ana Carolina Vieira Ulysséa Fernandes, Mateus Henrique dos Santos Maia, Natalia Mulinari Turin de Oliveira, Camila Bach, Daniele Maria-Ferreira, Exploring the biological activities and potential therapeutic applications of agro-industrial waste products through non-clinical studies: A systematic review, *Science of The Total Environment*, Volume 950, 2024, 175317, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175317>.
9. Dimitrios Georgiou, Vasileios Diamantis, Alexander Aivasidis, Scale-up of plug-flow reactors in anaerobic treatment of agro-industrial wastes, *Biochemical Engineering Journal*, Volume 210, 2024, 109437, <https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109437>.
10. Jean Constantino Gomes da Silva, José Luiz Francisco Alves, Guilherme Davi Mumbach, Zhitong Yao, Silvia Layara Floriani Andersen, Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira, Humberto Jorge Jose, Enhancing the potential for producing hydrogen-rich syngas through the steam gasification of low-value agro-industrial residues with torrefaction, *Biomass and Bioenergy*, Volume 191, 2024, 107457, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107457>.
11. Francisco Rodríguez, Manuel Berenguel, Francisco García-Mañas, José Luis Guzmán, Jorge Antonio Sánchez-Molina,

- A multilayer control architecture for greenhouse crop production in agro-industrial districts: Conceptual framework, prospects and challenges, *Smart Agricultural Technology*, Volume 9, 2024, 100657, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100657>.
12. Cristina Harumi Enokida, Deisi Cristina Tapparo, Fabiane Goldschmidt Antes, Ricardo Luis Radis Steinmetz, Flaviane Eva Magrini, Igor Vinicius Machado Sophiatti, Suelen Paesi, Airton Kunz, Anaerobic codigestion of livestock manure and agro-industrial waste in a CSTR reactor: Operational aspects, digestate characteristics, and microbial community dynamics, *Renewable Energy*, Volume 238, 2025, 121865, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121865>.
 13. Alexander Garrido, Leopoldo Eduardo Cárdenas-Barrón, Oscar Yecid Buitrago, Lindsay Álvarez-Pomar, A Multi-Echelon globalized Agro-Industrial supply chain under conditions of Uncertainty: A Two-Stage Fuzzy-Possibilistic Mixed-Integer linear programming model, *Expert Systems with Applications*, 2025, 126569, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.126569>.
 14. Adithya Sridhar, Muthamilselvi Ponnuchamy, P. Senthil Kumar, Ashish Kapoor, Dai-Viet Nguyen Vo, Gayathri Rangasamy, Digitalization of the agro-food sector for achieving sustainable development goals: a review, *Sustainable Food Technology*, Volume 1, Issue 6, 2023, Pages 783-802, <https://doi.org/10.1039/d3fb00124e>.
 15. Antonio Berti, Anna Dalla Marta, Marco Mazzoncini, Francesco Tei, An overview on long-term agro-ecosystem experiments: Present situation and future potential, *European Journal of Agronomy*, Volume 77, 2016, Pages 236-241, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.004>.

Agribusiness Personnel 4.0: A Review of Foreign Publications

Egor V. Kulaev

PhD in Technical Sciences,
Deputy First Vice-Rector
Stavropol State Agrarian University,
355017, 12, Zootekhnicheskoy lane, Stavropol, Russian Federation;
e-mail: bratinsa@gmail.com

Natal'ya N. Kizilova

PhD in Philology, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Foreign Language
Stavropol State Agrarian University,
355017, 12, Zootekhnicheskoy lane, Stavropol, Russian Federation;
e-mail: natali0403_87@mail.ru

Elena G. Pupynina

PhD in Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Agro-Economics and Marketing
Stavropol State Agrarian University,
355017, 12, Zootekhnicheskoy lane, Stavropol, Russian Federation;
e-mail: elenapupynina@mail.ru

Abstract

The vectors of future development in the agricultural sector are linked to general trends in modern production systems and the economy as a whole: increasing efficiency, sustainability, and environmental safety, digitalization, automation, robotization of processes, and the approaching

point of technological paradigm shift. Agriculture 4.0, processing, and the supporting complex require timely solutions to personnel issues, which determines the relevance of the research topic. The aim of this article is to systematize international experience in the formation and development of human resources potential for the agribusiness complex (ABC) of the Fourth Industrial Revolution era. Based on an analysis of a body of foreign publications, key research directions are identified: transformation of requirements for professional competencies, the role of continuous education and retraining, integration of digital skills into traditional agricultural specialties, as well as social and managerial aspects of personnel adaptation to new technological realities. Special attention is paid to training specialists capable of working with big data, artificial intelligence systems, the Internet of Things, and robotic equipment. The review results demonstrate significant research interest in the problem and form a basis for developing practical solutions in the areas of personnel policy, educational standards, and corporate personnel development programs in the context of transitioning to ABC 4.0.

For citation

Kulaev E.V., Kizilova N.N., Pupylnina E.G. (2025) Kadry APK 4.0: obzor zarubezhnykh publikatsiy [Agribusiness Personnel 4.0: A Review of Foreign Publications]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (12A), pp. 245-252. DOI: 10.34670/AR.2026.68.25.024

Keywords

Agriculture 4.0, agribusiness complex, personnel, digitalization, automation, robotization, education, personnel management, technological paradigm, professional competencies.

References

1. Berti, A., Dalla Marta, A., Mazzoncini, M., & Tei, F. (2016). An overview on long-term agro-ecosystem experiments: Present situation and future potential. *European Journal of Agronomy*, 77, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.004>
2. Budzko, V., & Medennikov, V. (2021). Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming. *Procedia Computer Science*, 190, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.015>
3. Costa, F., Frecassetti, S., Rossini, M., & Portioli-Staudacher, A. (2023). Industry 4.0 digital technologies enhancing sustainability: Applications and barriers from the agricultural industry in an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137208>
4. Enokida, C.H., Tapparo, D.C., Antes, F.G., Steinmetz, R.L.R., Magrini, F.E., Sophiatti, I.V.M., Paesi, S., & Kunz, A. (2025) Anaerobic codigestion of livestock manure and agro-industrial waste in a CSTR reactor: Operational aspects, digestate characteristics, and microbial community dynamics. *Renewable Energy*, 238, 121865. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121865>
5. Gallego-García, S., Gallego-García, D., & García-García, M. (2023). Sustainability in the agri-food supply chain: a combined digital twin and simulation approach for farmers. *Procedia Computer Science*, 217, 1280–1295. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.326>
6. Garrido, A., Cárdenas-Barrón, L.E., Buitrago, O.Y., & Álvarez-Pomar, L. (2025) A multi-echelon globalized agro-industrial supply chain under conditions of uncertainty: A two-stage fuzzy-possibilistic mixed-integer linear programming model. *Expert Systems with Applications*, 259, 126569. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.126569>
7. Georgiou, D., Diamantis, V., & Aivasidis, A. (2024). Scale-up of plug-flow reactors in anaerobic treatment of agro-industrial wastes. *Biochemical Engineering Journal*, 210, 109437. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109437>
8. Maraveas, C., Rajarajan, M., Arvanitis, K.G., & Vatsanidou, A. (2024). Cybersecurity threats and mitigation measures in agriculture 4.0 and 5.0. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100616. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100616>
9. Motakefi, M., Dahmardeh, M., Ghanbari, S.A., & Asgharipour, M.R. (2024). A thermodynamic approach to evaluating the ecological health and sustainability of integrated production systems in Goharkuh Taftan agro-industrial complex and sensitivity analysis of the results. *Heliyon*, 10(20), e39210. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39210>
10. Muñoz, M., Torres, M., Gil, J.D., & Guzmán, J.L. (2025) An Internet of Things platform for heterogeneous data

- integration: Methodology and application examples. *Journal of Network and Computer Applications*, 240, 104197. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2025.104197>
11. Rodríguez, F., Berenguel, M., García-Mañas, F., Guzmán, J.L., & Sánchez-Molina, J.A. (2024). A multilayer control architecture for greenhouse crop production in agro-industrial districts: Conceptual framework, prospects and challenges. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100657. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100657>
 12. Schiebel, C.S., Bueno, L.R., Pargas, R.B., Braga, L.L.V.d.M., da Silva, K.S., Fernandes, A.C.V.U., Maia, M.H.d.S., de Oliveira, N.M.T., Bach, C., & Maria-Ferreira, D. (2024). Exploring the biological activities and potential therapeutic applications of agro-industrial waste products through non-clinical studies: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 950, 175317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175317>
 13. Silva, J.C.G.d., Alves, J.L.F., Mumbach, G.D., Yao, Z., Andersen, S.L.F., Moreira, R.d.F.P.M., & Jose, H.J. (2024). Enhancing the potential for producing hydrogen-rich syngas through the steam gasification of low-value agro-industrial residues with torrefaction. *Biomass and Bioenergy*, 191, 107457. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107457>
 14. Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Kumar, P.S., Kapoor, A., Vo, D.-V.N., & Rangasamy, G. (2023). Digitalization of the agro-food sector for achieving sustainable development goals: a review. *Sustainable Food Technology*, 1(6), 783–802. <https://doi.org/10.1039/D3FB00124E>
 15. Thakur, N., Kaur, S., Kaur, T., Tomar, P., Devi, R., Thakur, S., Tyagi, N., Thakur, R., Mehta, D.K., & Yadav, A.N. (2022). Organic agriculture for agro-environmental sustainability. In R. Soni, D.C. Suyal, A.N. Yadav, & R. Goel (Eds.), *Trends of applied microbiology for sustainable economy* (pp. 699–735). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91595-3.00018-5>