

15. Nanoscale / H. Yu, D. Luo, SFY Li [и др.] // Interpretable machine learning-accelerated seed treatment using nanomaterials for environmental stress alleviation. – 2023. – Т. 15, № 32. – С. 13437–13449.

16. Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением (обзор) / В.И. Пахомов, О.Н. Бахчевников, А.В. Брагинец, П.А. Хоменко // Известия НВ АУК. – 2025. – Т. 4, № 82. – С. 20–34.

УДК 633/635:631.52

**С.М. Авдеев, А.А. Кочешкова, А.Г Черноок, П.Ю. Крупин,
Н.Ю. Свистунова, В.Ю. Канунникова, С.И. Ромашкина,
Ю.В. Авдеева, Г.И. Карлов, М.Г. Дивашук**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии», г. Москва
avdeevbio@yandex.ru*

ЗНАЧЕНИЕ АНАЛИЗИРУЮЩЕГО ФОНА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛИНИЙ СОИ ПО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ФОТОПЕРИОДУ

Ключевые слова: соя, фотопериодизм, анализирующий фон, климатические камеры, фотопериод

Key words: soybean, photoperiodism, analyzing background, climate chambers, photoperiod

Аннотация. Исследование посвящено разработке анализирующего фона для оценки фотопериодической чувствительности сои в контролируемых условиях. В вегетационном опыте 50 растений с различными генотипами выращивали в климатических камерах при коротком (8 ч) и длинном (22 ч) световом дне. Проведен фенологический мониторинг и структурный анализ урожайности. Установлено, что короткий день существенно ускоряет наступление цветения у большинства образцов – амплитуда межсортовых различий достигала 25 суток. Примерно половина генотипов сохраняла стабильные сроки цветения, остальные зацвели на 6–15 дней раньше при сокращенном фотопериоде. Выявлены формы с высокой, слабой и нейтральной реакцией на длину дня. Созданный подход позволяет достоверно ранжировать селекционный материал по степени фоточувствительности и выделять генотипы, перспективные для возделывания в конкретных агроэкологических условиях.

Abstract. This study focuses on developing an analytical framework for assessing the photoperiod sensitivity of soybeans under controlled conditions. In a pot experiment, 50 plants with different genotypes were grown in climate chambers under short (8 h) and long (22 h) daylight periods. Phenological

monitoring and structural analysis of yield were conducted. It was found that short days significantly accelerate the onset of flowering in most samples; the amplitude of intervarietal differences reached 25 days. Approximately half of the genotypes maintained stable flowering times, while the remaining genotypes flowered 6–15 days earlier under a shortened photoperiod. Varieties with high, weak, and neutral daylength responses were identified. The developed approach enables reliable ranking of breeding material by photosensitivity and identification of genotypes promising for cultivation in specific agroecological conditions.

Современный этап развития селекции и генетической модификации сельскохозяйственных растений требует применения комплексных решений, ориентированных на детальное исследование физиолого-генетических механизмов фотопериодической чувствительности. Формирование специализированного анализирующего фона, обеспечивающего разграничение линий сои по данному признаку, создает новые возможности как для повышения эффективности селекционных программ, так и для совершенствования технологий возделывания культуры. В перспективе это будет способствовать росту адаптационного потенциала сои в условиях климатической нестабильности.

Актуальность работы связана с необходимостью создания методических инструментов, позволяющих оперативно и достоверно оценивать степень фотопериодической чувствительности различных линий сои. Современная селекция нуждается во внедрении инновационных подходов, расширяющих представления о физиологических и генетических факторах, регулирующих реакцию растений на длину дня. Соя имеет важное значение как продовольственная и кормовая культура, поэтому оптимизация фотопериодических параметров имеет непосредственное влияние не только на продуктивность, но и на качественные характеристики урожая.

Эффективность подобных решений во многом определяется учетом региональной специфики климата. Географически обусловленные различия в продолжительности светового дня способны существенно изменять проявление хозяйственно ценных признаков, что требует разработки сортов, максимально адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям и способных рационально использовать доступные световые ресурсы.

В последние годы селекционные программы сои активно трансформируются благодаря внедрению ускоренных технологий выращивания, включая спидбридинг. Использование контролируемых условий среды, прежде всего регулирования фотопериода, позволяет значительно сократить продолжительность онтогенеза растений [1]. Создание анализирующего фона для разделения генотипов по фотопериодической чувствительности особенно важно при подборе родительских форм в гибридизации, а также при подтверждении эффективности маркер-ассоциированной селекции.

Экспериментальная часть исследования была основана на проведении вегетационного опыта, в рамках которого растения выращивали на протяжении полного цикла развития в двух идентичных климатических камерах с различной продолжительностью освещения: 8 часов (короткий день) и 22 часа (длинный день). Температурный режим поддерживали на уровне +28°C в светлое время суток и +25°C в темное, относительную влажность воздуха сохраняли в пределах 45–55%, а интенсивность фотосинтетически активной радиации составляла 350 мкмоль/м²/с. На всех этапах онтогенеза проводили фенологический мониторинг, а после созревания выполняли структурный анализ урожайности и статистическую обработку результатов. Применение климатических камер обеспечивало строгий контроль факторов среды, включая освещенность, спектральный состав света, температуру и влажность, что позволяло минимизировать внешние воздействия и более точно оценивать физиологические реакции растений. Подобный подход особенно важен, поскольку параметры света напрямую влияют на фотосинтетическую активность, транспирацию и накопление биомассы, что подтверждено и для других бобовых культур [2].

Полученные результаты продемонстрировали, что различия в фотопериодических режимах оказывают выраженное влияние на темпы перехода растений к генеративной стадии. Условия короткого дня значительно ускорили наступление цветения у сои по сравнению с длинным днем, причем амплитуда различий между отдельными сортами достигала 25 суток. Из 50 исследованных генотипов примерно половина продемонстрировала стабильные сроки начала цветения вне зависимости от режима освещения, тогда как остальные формы зацветали на 6–15 дней раньше именно при сокращенном световом периоде.

Результаты анализа подтверждают стимулирующее воздействие короткого дня на ускорение репродуктивного развития сои в контролируемой среде, что, вероятно, связано с активацией генетических механизмов, регулирующих процессы цветения. Длинный фотопериод, напротив, способствовал более продолжительному вегетативному росту и более позднему вступлению растений в генеративную фазу. Были идентифицированы сорта с различной степенью фотопериодической реакции, что подчеркивает селекционную ценность данного признака. Высокочувствительные формы потенциально перспективны для получения раннеспелых и продуктивных сортов в оптимальных условиях, тогда как слабочувствительные генотипы представляют интерес для систем, где приоритетом является стабильность развития.

Фенологическое развитие сои следует рассматривать как совокупность морфофизиологических преобразований, обусловленных комплексным воздействием абиотических факторов среды, среди которых фотопериод занимает ключевое место. В условиях климатических камер была

проведена сравнительная оценка сроков наступления цветения у различных сортов при двух моделируемых режимах освещения – коротком (8 ч) и длинном (22 ч) дне, что позволило сформировать эффективный анализирующий фон для оценки фоточувствительности.

Сравнительный анализ продолжительности префлорального периода между двумя вариантами фотопериода выявил выраженную тенденцию к сокращению сроков наступления цветения при коротком дне у большинства изученных генотипов. При этом выбранные параметры опыта обеспечили высокую степень разграничения образцов по уровню чувствительности к длине светового дня.

Для основной части исследованных сортов начало генеративной стадии в условиях короткого дня фиксировалось через 25–30 суток после посева. Максимально позднее цветение при длинном фотопериоде было зарегистрировано у двух образцов на 52-е сутки. Пять сортов характеризовались стабильно ранним цветением независимо от режима освещения, а один генотип проявил практически полную фотопериодическую нейтральность, сохраняя одинаковую продолжительность периода «всходы–цветение» – 45 суток. Выявленные различия между детерминантными и индетерминантными формами подтверждают необходимость учета биологических особенностей сорта в селекционной практике.

Использованный анализирующий фон позволил провести ранжирование сортов сои по степени фотопериодической чувствительности и выявил широкий спектр адаптивных стратегий, представляющих значительный интерес для дальнейшей селекции. Применение маркер-ориентированных подходов в сочетании с полученными результатами расширяет возможности создания сортов, сочетающих оптимальные сроки цветения и высокую продуктивность в конкретных климатических условиях. Дополнительно установлена связь фоточувствительности с изменением массы 1000 семян при различных режимах освещения, что подчеркивает значение данного признака для оценки качества урожая. Генотипы, существенно снижающие массу семян при длинном дне, требуют более тщательного отбора при использовании в программах для северных зон возделывания.

Финансирование: Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (№ государственного задания FGUM-2025-0011).

Список использованной литературы

1. Архитектура E-генного кластера как фактор, определяющий фотопериодическую реакцию у сои / А. А. Кочешкова, Н. Ю. Свистунова, А. В. Архипов [и др.] // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. – 2025. – Т. 43, № 4-2. – С. 171–176. – DOI 10.17116/molgen202543042171. – EDN WVJATN.

2. Лазарев, Н. Н. Накопление валовой энергии бобово-злаковыми агрофитоценозами / Н. Н. Лазарев, С. М. Авдеев, Л. Ю. Демина // Доклады ТСХА. Том Выпуск 279, Часть 1. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2007. – С. 374–377. – EDN KHRDIO

УДК 631.171:004.8:634.1

А.И. Кутырёв, канд. техн. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва
e-mail: alexeykutyrev@gmail.com*

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ АГЕНТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЦИФРОВОГО САДОВОДСТВА: ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ, БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Ключевые слова: агентный искусственный интеллект, большие языковые модели, RAG, компьютерное зрение, YOLO, глубокое обучение, интернет вещей.

Keywords: agentic artificial intelligence, large language models, RAG, computer vision, YOLO, deep learning, Internet of Things.

Аннотация. В статье представлена разработка мультимодальной агентной платформы для поддержки принятия решений в садоводстве, объединяющей методы компьютерного зрения (YOLO), большие языковые модели с механизмом дополненной генерации (RAG) и средства мониторинга данных с датчиков (MQTT, HTTP). Платформа предоставляет два интерфейса: Telegram-бот для оперативной работы в саду и веб-приложение для аналитики. Ядро системы включает локально развёрнутые модели DeepSeek-R1 (8B) и Qwen2.5-VL-7B-Instruct, векторную базу знаний ChromaDB, модули детекции и сегментации изображений, а также инструменты сравнительного тестирования и дообучения (QLoRA). Экспериментальная оценка показала, что применение RAG повысило релевантность ответов (86,2% предпочтений экспертов), система мониторинга обеспечивает приём до 500 записей/сек с задержкой оповещений 2 секунды, а реализованный алгоритм дообучения (QLoRA) позволяет адаптировать работу моделей под конкретные агротехнические задачи менее чем за 60 шагов обучения. Разработанная платформа может служить основой для автоматизированных рабочих мест агронома, систем дистанционной диагностики и раннего оповещения.

Summary: The article presents the development of a multimodal agent platform for decision support in horticulture, combining computer vision meth-