ного и внутриклеточного пространства, характеризуемого элементом R_2 эквивалентной схемы (рисунок 1), от степени поражения не установлено. Данные исследований поражения угловатой пятнистостью не приводятся из-за недостаточного количества пораженных этой болезнью растений на плантации.

Таблица 1

Результаты расчета средних значений элемента C_2 электрической эквивалентной схемы биоимпеданса листьев земляники

Степень поражения (балл)	Эквивалент электрической емкости мембран растительных клеток C_2 , пФ			
	Сорт земляники Ананаса		Сорт земляники Царица	
	Белая пятнистость	Бурая пятнистость	Белая пятнистость	Бурая пятнистость
0	207	207	9400	9400
1	201	204	5400	5700
2	189	195	4260	4750
3	186	187	4210	4390
4	—	158	—	—

Использованные источники:

1. Говорова Г.Ф., Говоров Д.Н. Грибные болезни земляники садовой, селекция на иммунитет и другие методы защиты: монография. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 168 с.
2. Named K. B., Zorrig W., Hamzaoui A.H. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions // Computers and Electronics in Agriculture. – 2016. – Vol. 123. – P. 376–383.
3. Гираев М.А. Частотный спектр импеданса биотканей растительного происхождения // Вестник Дагестанского государственного университета. – 2015. – Т. 30. – Вып. 6. – С. 50-55.
4. Зуев А.Л., Мишланов В.Ю., Судаков А.И., Шакиров Н.В., Фролов А.В. Эквивалентные электрические модели биологических объектов // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16. – № 1 (55). – С. 110-120.
5. Голев И.М., Санин В.М., Титов С.А., Коротков Л.Н. Электрическая эквивалентная схема биологических объектов растительного происхождения. – Вестник ВГТУ, 2013. – Т. 9. – №4. – С. 26-29.
6. Кривцун И.В., Пентегов И.В., Сидорец В.Н., Рымар С.В. Методика обработки экспериментальных данных при моделировании дисперсии импеданса биологических тканей с помощью схемы замещения Фрике // Электротехника и Электро-механика. – 2017. – №5. – С. 27-37.
7. ГОСТ 8.207-76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 7 с.

УДК 637.4.04/.076:004.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-203-209

Муковин А.С.², Алейников А.Ф.^{1,2},

¹ СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск

² ФГБОУ ВПО НГТУ, Новосибирск

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭМБРИОНОВ ПТИЦ ВО ВРЕМЯ ИНКУБАЦИИ

В статье рассматриваются основные функциональные параметры инкубационных яиц и эмбрионов до и во время инкубации. Выявляется значимость каждого параметра для процесса производства мяса птицы. Определяется влияние своевременной диагностики этих параметров на эффективность производства. Обоснован наиболее перспективный функциональный параметр для мониторинга во время инкубации – частота сердечных сокращений.

Ключевые слова: функциональные параметры инкубационных яиц, оплодотворенность, морфофизические показатели эмбриона, пол, биохимические показатели эмбриона, сердечно-сосудистая система эмбриона, частота сердечных сокращений.

Введение. Общеизвестно, что стратегия научно-технологического развития РФ в ближайшее время предполагает переход к эффективным интеллектуальным производственным и роботизированным системам во всех отраслях деятельности человека. Вызовы в сфере продовольственной и биологической безопасности вынуждают человека применять в своей деятельности эффективные системы поддержки принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства. К 2050 году, чтобы удовлетворить потребности прогнозируемого девятимиллиардного населения мира, необходимо увеличить производство продовольствия на 70-100 % [1].

Мясное птицеводство России за последние годы превращается в современную отрасль отечественного АПК. Государственная поддержка и меры по регулированию внутреннего рынка, направленные на защиту российских производителей и развитие конкурентной среды, создали условия для проведения комплексной технико-технологической модернизации и выхода отрасли на качественно новый производственный уровень. Это дало возможность полностью отказаться от импортных поставок мяса птицы и обеспечить по данной категории продукции продовольственную безопасность страны [2].

Важным технологической операцией в процессе производства мяса птицы является инкубация яиц. На первом этапе жизни птицы эмбрион скрыт за скорлупой яйца, и наблюдение за его здоровьем и развитием затруднено.

В стране созданы генотипы птицы, способные реализовать энергию суточных приростов молодняка на уровне 100 г, а яйценоскость кур-несушек составляет более 310 шт. яиц за продуктивный период. Для реализации их потенциала важно использовать в производственном цикле наиболее современные технологические решения. Период выращивания современных кроссов бройлеров сократился за 25 лет с 56 до 35 дней при достижении живой массы к возрасту убоя 2 кг. Учитывая, что сроки выращивания бройлеров год от года сокращаются, должна увеличиваться доля «инкубации» в общем времени получения мяса бройлеров [3].

Для оценки состояния яйца, согласно действующим нормативным документам, биологический контроль производится до и во время инкубации.

Параметры яйца **до инкубации** регламентируются по ОСТ 10 321-2003 Яйца куриные инкубационные [4]. При оценке яйца проверяются такие параметры, как масса, внешний вид, плотность, индекс формы, толщина скорлупы, индекс желтка, содержание витаминов и др. Часть из этих проверок проводится без повреждения яйца, а часть со вскрытием.

Для оценки состояния эмбриона **в процессе инкубации** проводится биологический контроль инкубации, включающий ряд мероприятий. Так, в соответствии с работой [5], проводятся:

- просвечивание яиц на овоскопе – для определения развития эмбрионов;
- взвешивание яиц для определения потери массы яйцами;
- установление времени начала вывода, его хода, продолжительности;
- учет количества яиц с погибшими эмбрионами по периодам инкубации;
- патологоанатомические вскрытия яиц с погибшими эмбрионами для контроля над отклонениями в развитии, в связи с неполноценностью яиц, поступивших из разных хозяйств.

Часть мероприятий для оценки состояния эмбриона, ввиду невозможности их выполнения без нарушения целостности скорлупы, приводят к потерям ценного инкубационного сырья. С другой стороны, недостаточно полная диагностика, связанная с выборочностью контроля, несовершенством методов, ошибками при проведении, вызывает неоправданные затраты на инкубацию птицы. Так, яйцо, из которого вылупится дефектная или недостаточно быстрорастущая птица, которую невозможно будет продать, занимает место в инкубаторе, на его инкубацию расходуется тепло, электроэнергия, труд человека. Дефектовка и утилизация такой птицы также требуют затрат.

Таким образом, актуальной проблемой является создание технологии тотального неинвазивного контроля качества яиц и эмбрионов на возможно ранних сроках инкубации с использованием наиболее дешевого оборудования. Технология должна быть недорогой и широкодоступной для любого вида хозяйств: от крупных птицефабрик до мелких фермерских хозяйств.

Критерии и методы оценки функционального состояния эмбрионов птиц будут рассмотрены в статье далее. Подробно будет рассмотрен перспективный метод оценки состояния эмбриона с помощью контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Функциональные показатели яйца эмбриона. Диагностика функциональных показателей яйца и эмбриона является важным технологическим этапом в процессе инкубации. Наиболее важными из этих показателей являются: оплодотворенность, пол, морфофизические и биохимические показатели, а также параметры сердечно-сосудистой системы. Чем раньше производитель сможет проверить и идентифицировать эти показатели, тем более экономически эффективны будут процесс инкубации, и весь процесс выращивания птицы.

Оплодотворенность (фертильность). Оплодотворенность яйца является важным функциональным показателем, определяющим целесообразность работы с яйцом.

Неоплодотворенные яйца составляют до 20 % из всего объема инкубированных яиц курицы [6]. Эти яйца при своевременном обнаружении можно, не только исключить из производственного процесса, но и использовать в пищу (для низкосортной продукции), тем самым увеличив экономические показатели производства.

Крупнейшие производители инкубационного яйца разработали и рекомендуют к внедрению специальные валидированные инструкции по определению оплодотворенности. Так, согласно работе [7], применяют два метода определения оплодотворенности: в неинкубированном яйце и в светлом инкубированном яйце на 10 – 14-й день инкубации. В первом случае проверка происходит на вскрытом яйце методом выборки 100 яиц по виду blastodermy. Во втором – овоскопированием не менее трех лотков и выявлением светлых яиц. Светлые яйца вскрываются, и проверка производится сравнением с эталонными изображениями зародыша.

Разрабатываются и другие высокотехнологические методы определения оплодотворенности. Развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта позволяют избежать неточностей в диагностике, вызванных человеческим фактором.

Например, в работе [8] учеными предложено применять метод наивной бейсовской классификации. На основе высококачественных фото просвеченных заведомо оплодотворенных и неоплодотворенных яиц выполняется обучение системы для отнесения изображения к тому или иному классу. После подведения итогов распределения частот, выполняется процесс классификации на основе расчетной модели. Таким образом, определение оплодотворенности может производиться с большой скоростью и высокой точностью.

Авторы публикации [6] рассматривают существующие методы неразрушающего контроля, включая ультразвуковые и диэлектрические измерения, тепловую визуализацию, машинное зрение, спектроскопию и гиперспектральную визуализацию. Представлена технология гиперспектральной съемки, как метод, адекватный для решения проблемы классификации фертильности куриных яиц. Метод заключается в получении и анализе гиперспектрального изображения яйца, которое получается при взаимодействии фотона с разными молекулами вещества. Отраженный, поглощенный или преломленный свет несет важную информацию от проходящей среды (объекта) и может использоваться как для качественного так и для количественного анализа.

Тем не менее, проблема идентификации фертильности до инкубации в основном остается нерешенной. Существующие пробелы в предыдущих исследованиях связаны с проблемами в процедуре сбора данных, скудностью доступных данных, несбалансированностью данных (слишком мало или отсутствие нефертильных яиц для обучения), а также недостатками методов анализа и моделирования.

Пол. Существует предпочтение по признаку пола при производстве птицы, где самец предпочтительнее при производстве бройлеров, а самка при производстве яиц. Для производства бройлеров цыплята-самки не являются экономически выгодными из-за более низких темпов роста по сравнению со своими сверстниками. Цыплятам-самкам, чтобы набрать вес, необходимы дополнительные расходы на корм. С другой стороны, цыплята-самцы естественно не могут быть использованы при производстве яйца [9].

В настоящее время пол цыпленка определяют только после его вылупления из яйца по внешним признакам и физиологическим особенностям строения некоторых органов.

Существуют методы определения пола во время инкубации, но эти способы мало применяются, т. к. по большей части они или инвазивные (различия в ДНК, флуоресценция крови) или субъективные (масса яйца и его запах).

Наиболее передовые способы контроля — это оптический, основанный на разном поглощении ультрафиолетового света зародышами разных полов, и метод электрической спектроскопии импеданса (EIS). Метод EIS позволяет получать значительный объем информации о процессах транспорта носителей заряда в твердых и жидких материалах. Он чрезвычайно важен для изучения переноса зарядов в гетерогенных системах, включающих фазовые границы, электродные границы, элементы микроструктуры. При получении информации о сложных процессах переноса заряда в животных и растительных тканях, метод спектроскопии импеданса зачастую теоретически и практически не заменим [10].

Выявление пола во время инкубации эмбрионов может внести значительный вклад в гуманное обращение с инкубированными живыми организмами — цыплятами, повысить продуктивность инкубаториев и снизить нагрузку на окружающую среду.

Морфофизические показатели эмбриона. Определение морфофизических показателей яйца и эмбриона производится до инкубации и во время инкубации.

Наиболее важными морфофизическими качествами интактных инкубационных яиц являются их масса, индекс формы, плотность, свежесть, качество их скорлупы и ряд других показателей [11].

У инкубационных яиц рекомендуется оценивать морфофизические качества при нарушении целостности скорлупы (по выборке): индексы белка и желтка, толщину скорлупы, пигментацию желтка, массу белка, желтка и скорлупы, соотношение белка и желтка. В хозяйствах некоторые морфофизические показатели инкубационных яиц оценивают по внешнему виду, и уровень браковки яиц при такой оценке часто имеет большой удельный вес среди прединкубационного брака.

Методы, применяемые для оценки качества яиц обычно делятся на органолептические (без вскрытия и со вскрытием) и объективные (без вскрытия и со вскрытием).

Основными приборами для проведения таких испытаний на работающих предприятиях является овоскоп, весы, измерители размеров (линейка, штангенциркуль и др.).

Однако существуют и более современные и высокотехнологичные методы определения морфологических показателей эмбрионов. Так авторы статьи [12] предложили неинвазивную систему для обнаружения жизненно важных признаков птичьего эмбриона через неповрежденное яйцо на ранней стадии инкубации с использованием лазерной спектр-визуализации (LSI). Система была основана на измерение флуктуаций интенсивности спектров, вызванных эмбриональным кровотоком в интактном яйце при воздействии лазерного луча.

Авторы источника [13] предлагают использовать метод определения толщины скорлупы с помощью терагерцевых волн. Измерение толщины яичной скорлупы остается узким местом из-за отсутствия неразрушающих методов измерения. Авторами предлагается неразрушающий метод оценки толщины яичной скорлупы на основе коэффициента отражения в терагерцевом (ТГц) диапазоне спектроскопии с использованием куриных яиц белого цвета. Поскольку терагерцевые волны отражаются от границы внешнего воздуха и поверхность раздела яичной скорлупы, а также внутренняя граница яичной скорлупы и мембраны, в результате возникают интерференционные сигналы, зависящие от толщины яичной скорлупы. Этот способ может оценить толщину яичной скорлупы с разрешением менее 10 мкм.

Биохимические показатели эмбриона. В работе [3] биохимические показатели крови определяют у суточных цыплят методом забора крови из сердца. Это делается для того, чтобы определить условия инкубации и скорректировать их.

К критическим показателям относятся:

показатель АЛТ (аланинаминотрансфераза), характеризующий, в основном, процессы, проходящие в печени, и его повышение свидетельствует о проблемах этого органа;

высокий уровень фермента АСТ (аспартатаминотрансфераза) как свидетельство негативных процессах, происходящих в сердечной мышце;

жиры, составляющие первый резерв для пополнения запаса углерода.

По уровню щелочной фосфатазы можно судить об усилении аланинглюкозного пути с выбросом из клеток глюкозы за счет ее дефосфорилирования щелочной фосфатазы. Это свидетельство недостатка энергии для клеток.

Превышение прямого билирубина свидетельствует или о нарушении оттока желчи у эмбрионов, или о возросшей возможности обратного попадания в кровь из гепатоцитов.

Увеличение холестерина в крови может быть результатом интенсивного усвоения липопротеидов желтка для получения энергии эмбрионом и для обеспечения жизнедеятельности цыплят.

Уровень мочевины в границах нормы свидетельствует о сохраненной функции печени по обезвреживанию аммиака.

Уровень креатинина зависит от поступления и усвоения питательных веществ, учитывая, что цыплята после вывода корм не получали – это может служить объяснением низкого его содержания в крови.

Фосфор принимает активное участие в остеогенезе цыплят в последние сутки инкубации и в первые сутки жизни, вероятно, это является еще одним доказательством низкого его содержания в крови.

Особый интерес представляет уровень глюкозы в крови, как основного энергетического материала для дыхания клеток эмбриона. И в то же время повышенный уровень глюкозы в крови может свидетельствовать об усиленной мобилизации гликогена из депо печени.

Таким образом, контроль биохимических параметров крови не может проводиться в процессе инкубации, а может применяться только для коррекции режимов следующего процесса инкубации. Такой способ также очень затратный и негуманный.

Состояние сердечно-сосудистой системы. К показателям сердечно-сосудистой системы, которые можно диагностировать, относятся: частота сердечных сокращений (далее ЧСС), давление, температура. Ценность этих показателей в том, что они прямо связаны с благополучием эмбриона, как в данный момент, так и в перспективе.

Сердце птичьего эмбриона представляет собой парную трубчатую структуру, которая вскоре становится единой трубкой [14]. Сердце начинается удлиняться быстрее, чем перикард, удерживающий его, и это заставляет трубчатое сердце согнуться. В первые два дня присутствуют только желудочек и бульбус. Кровоток на внутренней поверхности искривленной трубки образует внешнюю конфигурацию и внутреннее строение сердца, а также способствует формированию кровеносных сосудов. Структурные изменения, отделяющие атриум от вен, желудочек от аорты, левой камеры от правой, происходят в течение 3-8 дней инкубации, а четырехкамерным сердце становится к 8-9 дням.

Сердце начинает биться примерно через 30 часов инкубации и кровь начинает циркулировать примерно через 40 ч. Средняя частота сердечных сокращений (МНР) в это время развития составляет 280 ударов в мин, ударный объем крови оценивается как ~ 60 мкл, и удельный объем – ~ 4 мкл/г. Сердечное сокращение, генерирующее этот объем перемещает тело эмбриона, и эти движения передаются на все яйцо, вызывая кардиогенное баллистическое движение яйца, называемое баллистокардиограммой (БЦЖ) яйца. Такие движения можно уловить с помощью лазерного измерителя с чувствительностью не более 1 мкм.

Сердцебиение эмбриона внутри яичной скорлупы является источником не только баллистического движения яйца, но и акустического давления, которое можно измерить вне яич-

ной скорлупы. Обычный конденсаторный микрофон, герметично закрепленный на яичной скорлупе, обнаруживает кардиогенные изменения акустического давления, обозначаемые как акустокардиограмма (АСГ).

При наличии неинвазивных методик, данные показатели можно использовать для непрерывного регулирования процессом инкубации без разрушения яйца. Так, повышение ЧСС эмбриона зачастую говорит о превышении температуры инкубации, а ее чрезмерное снижение – о том, что яйцо переохлаждается.

Кроме этого, ЧСС может быть косвенным показателем многих других функциональных показателей эмбриона. Так, в статье [15] авторы предложили метод определения оплодотворенности инкубационных яиц на основе порога частоты сердечных сокращений. Полученный сигнал сердцебиения инкубационных яиц методом PhotoPlethysmoGraphy (PPG) обрабатывается фильтром верхних частот Баттуорта для фильтрации собранного сигнала и устранения дрейфа базовой линии. Рассмотрен сигнал сердцебиения инкубационных яиц как эффективный признак, позволяющий различать оплодотворяемые яйца и мертвые яйца и алгоритм классификации доминантного времени и частотной области на основе порога сигнала сердцебиения.

В работах [16, 17] показан контроль ЧСС как метод биологического контроля инкубации, а также как метод, позволяющий корректировать режим инкубации, основанный на частоте сердечных сокращений эмбриона. Было обнаружено, что частота сердечных сокращений эмбрионов снижается по мере того, как они развиваются. Подобное влияние на частоту сердечных сокращений независимо от возраста обеспечивает снижение температуры и недостаток кислорода.

Вывод. В статье рассмотрены основные функциональные параметры инкубационных яиц и эмбрионов до и во время инкубации. Выявлена значимость каждого параметра для процесса производства мяса птицы. Определено влияние своевременной диагностики этих параметров на эффективность производства. Так, определение отклонений в развитии эмбрионов позволяет не использовать впустую мощности инкубаторов и другие ресурсы производителя. Диагностика оплодотворенности яйца до инкубации позволяет использовать яйцо в других целях. А мониторинг параметров во время инкубации позволит рационально управлять работой инкубатора, что так же положительно сказывается на выживаемости птицы и экономической эффективности производства.

Наиболее перспективным функциональным параметром, по нашему мнению, является частота сердечных сокращений. Этот параметр можно определить неинвазивными методами. По ЧСС косвенно можно судить о других параметрах: оплодотворенности, морфологическом развитии и др.

Представляет интерес разработка тотального метода контроля состояния эмбриона по ЧСС на базе соответствующего программного обеспечения для мобильных устройств. Это позволит с помощью смартфона сделать диагностику состояния эмбриона птицы простой и доступной широкому кругу потребителей.

Использованные источники:

1. Труфляк Е.В. Точное животноводство: состояние и перспективы. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 46 с.
2. Кузьмина Т.Н., Кузьмин В.Н. Совершенствование технологий для производства мяса кур современных кроссов // Мировое и российское птицеводство: состояние, динамика развития, инновационные перспективы: материалы XX Междунар. конф. – Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, 2020. – С. 448-450.
3. Щербатов В.И., Смирнова Л.И., Щербатов О.В., Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы : монография. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 184 с.
4. Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства (ВНИТИП), *ОСТ 10 321-2003 Яйца куриные инкубационные. Технические условия*, 2003.
5. Щербатов В.И., Хасанова С.А., Донцов С.А. Рекомендации по инкубации яиц домашней птицы для хозяйств различных форм собственности. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 76 с.
6. Adegbenjo A.O., Liu L., Ngadi M.O. Non-Destructive Assessment of Chicken Egg Fertility // *Sensors* 2020. – Vol. 20(19):5546. DOI: 10.3390/s20195546

7. Оценка оплодотворенности яиц. [Электронный ресурс]. URL: http://la.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HowToS-RU/AAHowto4InfertileEggsRU13.pdf. (Дата обращения: 09.09.2021).
8. Diantoro A., Santoso I. Bu. Eggs Fertilities Detection System on the Image of Kampung Chicken Egg Using Naive Bayes Classifier Algorithm // Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi. 2017. – Vol. 9(2). – pp. 53-57. DOI:10.18860/mat.v9i2.4198
9. Алейников А.Ф. Выбор эффективных методов определения пола цыплят в яйце до инкубации // EUROPEAN SCIENCE OF THE FUTURE: сбор. науч. тр. III Междунар. научно-практ. конф. – Смоленск: МНИЦ «Наукофера», 2019. – С. 23-26.
10. Алейников А.Ф. Автоматизация качества инкубационного яйца птицы – важнейший элемент точного птицеводства // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – №55. – Ч. 3. – С. 5-8. DOI: 10.18411/lj-10-2019-37
11. Ташкина А.А. Морфологические качества яиц мясных кроссов кур и пути синхронизации вывода цыплят. автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т., 2018. – 22 с.
12. Yang L., You S., Zhang L., Yang T., Li P., Lu J. Noninvasive vasculature detection using laser speckle imaging in avian embryos through intact egg in early incubation // Biomedical Optics Express. 2013. – Vol.4(1). – P. 32-37. DOI:10.1364/BOE.4.000032
13. Khaliduzzaman A., Konagaya K., Suzuki T., Kashimori A., Kondo N., Ogawa Y. A Nondestructive Eggshell Thickness Measurement Technique Using Terahertz Waves // Scientific Reports. 2020. – Vol. 10(1):1052 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57774-5>
14. Mueller C.A., Burggren W.W., Tazawa H. The Physiology of the Avian Embryo // Sturkie's Avian Physiology. 2005. – Vol. 6(32). – pp. 739-766. DOI:10.1016/B978-0-12-407160-5.00032-4
15. Geng L., Hu Y.Z., Xi J.T., Liu Y.B. Detection on the Fertility of Hatching Eggs Based on Heart Rate Threshold // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). 2019. – Vol. 53(1). – pp. 49-63.
16. Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Судаков А.Н., Дудин П.И. Использование частоты сердечных сокращений эмбриона птицы для контроля его состояния // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: материалы 6-й междунар. конф. (Воронежский ГАУ, 15 октября 2019 г.). – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019.
17. Tomi S. T., Ide R., Mortola J. P. Heart and breathing rate variability in the avian perinatal period: The chicken embryo as a model // Avian Biology Research. 2019. – Vol. 12(1). – pp. 13-22.

УДК 635-2

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-209-211

Неменущая Л.А.¹, Болотина М.Н.¹, Пискунова Н.А.², Осмоловский П.Д.²,

¹ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский,

²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗУ В СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

В статье рассматриваются основные направления развития защиты овощных культур от болезней. Обозначены передовые технологии выявления и предотвращения фузариоза овощных культур.

Ключевые слова: овощные культуры, селекция, фузариоз, устойчивость, методика.

Сорт и высококачественные семена относятся к основным элементам конкурентоспособных технологий возделывания овощных культур [1]. Селекция на устойчивость к патогенам – наиболее перспективный способ защиты растений. Она позволяет получить сорта и гибриды сельскохозяйственных культур с комплексной устойчивостью.

Огромные потери урожая овощных культур происходят из-за болезней, вызываемых грибами, в частности из-за фузариоза значительно снижаются качество и объемы производимой продукции. Например, у широко распространенной овощной культуры – моркови столовой – в зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов поражаемость фузариозом может достигать до 80 %, а урожайность корнеплодов – снижаться на 35-50 % [2]. Эта болезнь вызывается различными микроорганизмами рода *Fusarium* sp, например, для томатов фузариозная гниль стебля и корня (*Fusarium oxysporum* Schltdl.:Fr. f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker), фузариоз плодов (*Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *eumartii*