

УДК 631.544

**О.В. ИВАКИН, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
В.С. НЕСТЯК, доктор технических наук, заведующий лабораторией**

*Сибирский научно-исследовательский институт
механизации и электрификации сельского хозяйства*

630501, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: nestyak-vs@ya.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТОВ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Приведены данные лабораторно-полевых экспериментов по эффективности применения защитных экранов при выращивании томатов в различных условиях открытого грунта в период 2011–2015 гг. В Сибири товарное производство томатов в открытом грунте практически отсутствует в связи с высокими рисками, связанными с условиями выращивания. Необходима разработка технологий выращивания теплолюбивых овощей в открытом грунте, обеспечивающих оперативную защиту растений от неблагоприятных факторов внешней среды в течение всего периода их вегетации. Известный прием защиты растений от весенних заморозков, основанный на принципе изоляции растения от окружающей среды, в местных условиях решает лишь часть задачи – удлинения весенне-летнего периода для созревания скороспелых сортов. Однако первые осенние заморозки и различные экстремальные явления (туман, град, холодные росы, техногенные выбросы и др.) уничтожают практически все незрелые растения или несобранный урожай. Принципиальное отличие применения защитных экранов при выращивании томатов – возможность обеспечения защиты растений в течение всего периода их вегетации, в том числе и во время неблагоприятных экстремальных воздействий на растение с максимальным сокращением оперативного времени реагирования на текущее изменение внешних условий. При этом функция защиты растений не ограничивает условий естественного опыления и доступа к растениям для полива, механических обработок и сбора урожая, что определяет возможности механизации технологических операций.

Ключевые слова: томаты, открытый грунт, защитные экраны, полевой эксперимент, активные температуры, производственный процесс.

В настоящее время в условиях Сибири товарное производство томатов в открытом грунте практически отсутствует [1]. Небольшие объемы, которые поставляют на рынок производители овощей частного сектора, не могут удовлетворить возрастающий спрос на качественную продукцию местного производства. Основная причина такого положения – высокие риски, связанные с условиями выращивания и вызывающие необходимость защиты растений [2].

Первые образцы простейших сооружений для защиты растений от негативных факторов внешней среды были запатентованы в США более 100 лет назад и использовались в основном для защиты растений от ветра, ливневых осадков и солнечного перегрева [3]. В России в первой половине XX в. широко применяли открытые, холодные и теплые рассадники и парники различной конструкции, используемые в основном для выращивания рассады овощных культур [4]. В середине XX в. появились новые материалы, в частности полиэтиленовая пленка, что вызвало интенсивное применение укрытий для выращивания овощных культур в открытом грунте [5]. Проведено множество научных исследований за рубежом и в различных регионах России, связанных с разработкой технологий выращивания томатов под такими укрытиями [6–9]. Наибольшее распространение в России получили малогабаритные тоннельные и разборно-пере-

ставные укрытия, основным назначением которых была защита растений от возвратных заморозков в весенне-летний период. Основным недостаток таких укрытий – практически не поддающаяся оперативному управлению вентиляция. Механизация основных технологических операций и управление температурой в зоне растений в данных укрытиях была затруднена.

Принцип конструкций, выполненных в Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ), – возможность обеспечения защиты растений в течение всего периода их вегетации. Во время неблагоприятных экстремальных воздействий на растение максимально сокращено оперативное время реагирования на текущее изменение внешних условий и обеспечение необходимого температурного режима в зоне роста растений [10–13]. При этом не ограничиваются условия естественного опыления и доступа к растениям для полива, механических обработок и сбора урожая, что определяет возможности механизации технологических операций.

В отличие от известных технических средств защиты, работающих по принципу полной изоляции растений от внешней среды и требующих больших затрат ручного труда на их открытие и закрытие (в случаях резкого изменения внешних условий), защитные экраны СибИМЭ работают по принципу частичной изоляции (постоянной связи с внешней средой), что исключает риски перегрева растений [14]. Способ применим в летне-осенний период по окончании возвратных весенних заморозков и до наступления устойчивых осенних холодов, когда почва еще достаточно прогрета.

Цель исследования – оценить эффективность применения защитных укрытий экранного типа при выращивании томатов в открытом грунте.

МЕТОДЫ, ОБЪЕКТЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Натурные эксперименты проводили с применением частных и стандартных методик на территории тепличного комплекса СибИМЭ на участке открытого грунта с примерно одинаковыми условиями по освещенности, прохождению воздушных потоков и составу почвенного покрова. На опытном участке с ориентацией восток – запад смонтировали экспериментальные образцы технических устройств – защитных экранов (рис. 1). Защитное устройство представляет собой конструкцию, содержащую про-



Рис. 1. Защитные экраны (без торцевого ограждения)

фильные стойки, образующие несущий каркас модуля, и защитные экраны из сотового поликарбоната, установленные оппозитно друг другу с постоянно открытым технологическим зазором между ними, исключающим возможность перегрева растений в экстремальных ситуациях.

Экраны имеют прямолинейный участок, установленный в нижней части стоек, и криволинейный, расположенный сверху над растениями. Данные экраны попарно образуют технологические секции, которые могут быть дополнительно оборудованы защитными торцами различной конструкции. Высота экрана 1250 мм, ширина по низу 1550 мм, ширина технологического зазора между экранами 650 мм. Размеры выбраны из условий оптимального размещения растений, удобства доступа к ним человека и прохода малогабаритной техники (мотоблока или минитрактора с рабочими органами) при основной и междурядной обработках почвы, внесении удобрений. Длина секций экранов в экспериментах варьировала от 6000 до 10 000 мм.

Параллельно секциям защитных экранов закладывали равные по площади контрольные делянки в условиях открытого грунта. Во всех экспериментах использовали рассаду томатов штамбового типа сорта Буян в фазе появления первой цветочной кисти.

На делянках под защитными экранами и в открытом грунте выполняли однотипные работы – обработку почвы, поделку посадочных лунок, внесение органики и удобрений, высадку рассады, работы по уходу за растениями и сбор продукции. Схема размещения растений во всех вариантах однострочная. Осовое расстояние между рядами (0,9–1,0 м) определяли минимально возможным расстоянием установки защитных экранов и габаритами применяемых технических средств. Шаг посадки принимали из расчета плотности посадки не более 3 растений на 1 м² площади.

Замеры массы плодов, собираемых выборочно по мере достижения ими бурой или полной биологической (технической) спелости, вели по всем вариантам через каждые 5–7 дней (в зависимости от года исследования и решаемых задач). Учет зеленоспелых плодов осуществляли на момент окончания вегетации, в том числе и в случае невозможности дальнейшего развития из-за условий внешней среды. Взвешивание производили на лабораторных весах с погрешностью измерения 0,001 кг.

Одновременно в автоматическом режиме вели замеры температуры воздуха в открытом грунте и под защитными экранами на различной высоте в зоне размещения растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность защитных экранов при выращивании томатов рассмотрена в результате анализа лабораторно-полевых экспериментов, полученных в различных погодных условиях 2011, 2014 и 2015 гг. Оценены реакция защиты на внешние условия, урожайность растений, возможность продления вегетационного периода и динамика продукционного процесса.

Условия 2011 г. в целом были относительно благоприятными для выращивания плодовых овощей в открытом грунте. Однако применение защитных экранов способствовало более высокой динамике и длительности продукционного процесса в фазе плодоношения под экранами по сравнению с открытым грунтом (рис. 2). Возможно, такой результат получен за

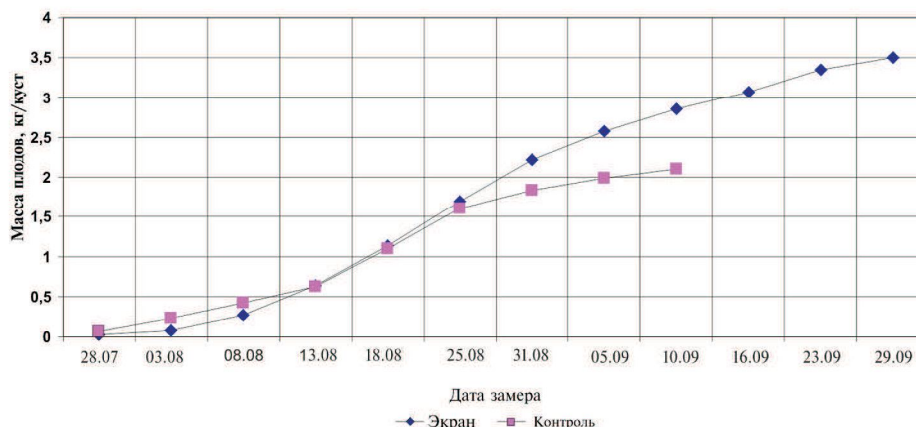


Рис. 2. Динамика продукционного процесса (2011 г.)

счет того, что под экранами сумма среднесуточных активных температур в 2011 г. была на 48 °С больше, чем в открытом грунте, причем увеличение активных температур шло относительно равномерно в течение всего летнего периода. В итоге урожайность под защитными экранами была значительно выше, чем в открытом грунте (3,5 и 2,1 кг/куст соответственно). Дополнительный выход продукции (более 70 %) получен за пределами сроков выращивания на контроле, продукция в состоянии технической спелости составила более 62 %.

В ходе эксперимента установлено, что штамбовые сорта под защитным укрытием растут несколько иначе, чем в открытом грунте. Вначале они более интенсивно набирают вегетативную массу, вследствие чего несколько запаздывают с первой продукцией (см. рис. 2), затем догоняют и опережают в своем развитии растения на контроле.

В 2014 г. условия были несколько отличными от прежних лет и не вполне комфортными для применения защитных экранов. Практически в течение всего летнего периода наблюдалась температура воздуха, благоприятная для растений. Защитные конструкции, выполняя функцию оперативной защиты от возможных факторов риска, не допустили перегрева растений под ними. Температура под защитными экранами, особенно в максимумы температур, практически совпадала с температурой наружного воздуха (рис. 3).

Однако в ночь с 4-го на 5-е сентября произошло резкое кратковременное понижение температуры до –2 ... –4 °С. Защитные экраны смягчили это отрицательное явление. В результате заморозка растения в открытом грунте погибли, а под укрытием сохранились и плодоносили еще 2 нед (рис. 4).

Это сказалось на динамике продукционного процесса (рис. 5), а также на урожайности томатов, которая была в 1,42 раза выше, чем в открытом грунте (2,76 и 1,94 кг/куст соответственно). По ряду причин (в основном технического характера) высадку рассады осуществили лишь после 10 июня, что сместило сроки плодоношения на более поздние.



Рис. 3. Изменение среднесуточной температуры воздуха (2014 г.)



Рис. 4. Вид растений после заморозка в ночь с 4-го на 5-е сентября:
а – в открытом грунте; б – под защитными экранами

В 2015 г., через 5 дней после высадки рассады в грунт, прошел град, после которого высаженные в открытый грунт растения были травмированы, 7,5 % из них не восстановились и погибли. Под защитными экранами растения не пострадали, вегетационный период продлился еще на 2 нед.

В 2015 г. прирост активных температур под защитными экранами составил лишь 23,7 °C и сформировался в основном в июне. Вероятнее всего, это вызвано особенностями месяца: 20 июня наблюдалась вспышка на солнце, на 21 июня пришлось летнее солнцестояние, 22–23 июня зарегистрирована экстремально сильная магнитная буря. Это сказалось и на продукционном процессе, визуально отличающемся от предыдущих лет (рис. 6), и на урожайности. Урожайность под защитными экранами была в 1,78 раза больше,

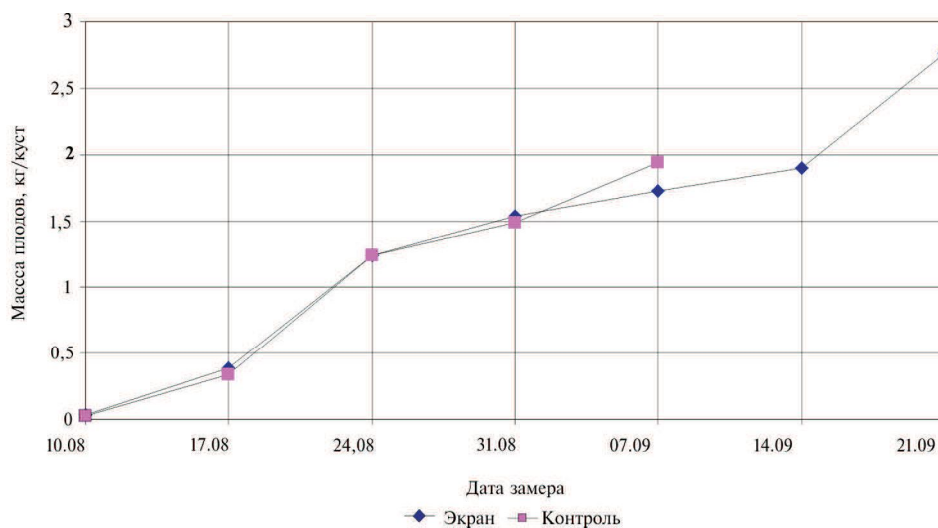


Рис. 5. Динамика продукционного процесса (2014 г.)

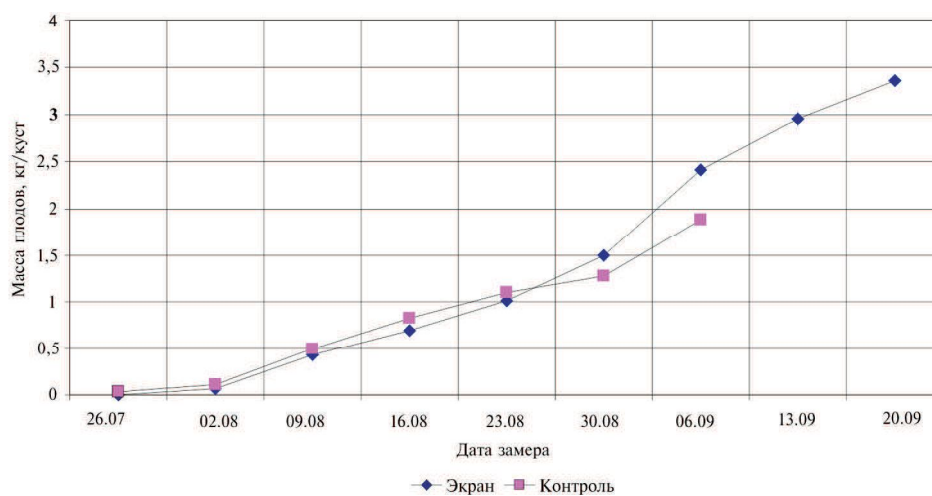


Рис. 6. Динамика продукционного процесса (2015 г.)

чем на контроле (3,36 и 1,89 кг/куст соответственно). Причем 91,54 % всего сбора составила товарная продукция (в состоянии технической спелости), 28,21 % урожая под экранами получено за предельными сроками выращивания томатов на контроле в открытом грунте.

Следует отметить, что прирост активных среднесуточных температур под защитными экранами характерен для всего периода исследований: 2011 г. – 48 рС, 2012 г. – 24, 2013 г. – 70, 2014 г. – 65,6, 2015 г. – 23,7 рС.

Анализ экономической эффективности применения защитных экранов проводили на основе специально разработанной технологической кар-

ты для выращивания томатов с применением комплекса защитных модулей экранного типа. При этом использованы разработанные ранее технологические карты и их элементы на выращивание томатов в парниках, пленочных укрытиях и теплицах.

Проведена оценка уровня общих трудозатрат по технологии в зависимости от урожайности томатов и определены удельные трудозатраты на 1 ц продукции. Затраты на оплату труда определяли из расчета 10 тыс. р. в месяц, срок амортизации модулей защитных экранов – 10 лет, амортизации техники – 2 года. Трудозатраты на установку и разборку модуля приняты по результатам хронометражных работ. Стоимость модуля рассчитывали из условий рыночной стоимости реализации аналогичных конструкций на 1 кг массы изделия и 7%-й оптовой скидки.

Анализ процесса выращивания томатов с применением защитных экранов показал, что устойчивый уровень рентабельности может быть получен при урожайности 4 кг/м² и цене реализации выше 20 р./кг. Реализация продукции по цене 30 р./кг при этой же урожайности обеспечивает рентабельность 50,4 %, при цене 40 р./кг – 100 %. Урожайность 6 кг/м² при цене реализации 40 р./кг дает рентабельность 200 %. В наших экспериментах урожайность томатов под защитными экранами в период исследований (2011–2015 гг.) превышала 6 кг/м².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение защитных экранов позволяет снизить риски при выращивании томатов в открытом грунте и получить продукцию, более чем в 2 раза превышающую урожайность в открытом грунте; при этом сбор плодов под ними продлевается на 2 нед и более по сравнению с открытым грунтом. Защитные экраны изменяют динамику продукционного процесса растений: в начальный период вегетации темп прироста под экранами ниже контроля, в середине – выравнивается, в конце кардинально меняется – в несколько раз превышает показатели открытого грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ивакин О.В., Нестяк В.С.** Состояние и проблемы овощеводства НСО // Продовольственное обеспечение Сибири в условиях глобализации мировой экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию создания Сибирского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства (Новосибирск, 3–4 июня 2015 г.). – Новосибирск, 2015. – С. 237–240.
2. **Овощеводство Западной Сибири** / Е.Г. Гринберг, Т.Г. Ксензова, Р.Ф. Хананова и др.: под ред. Т.Г. Ксензовой, Р.Ф. Ханановой. – Новосибирск, 2006. – 237 с.
3. **Пат. № 650024 (USA)** Plant protector / Riggins N.A. – Оpubл. 22 мая 1900 г.
4. **Матвеев В.П., Рубцов М.И.** Овощеводство. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 431 с.
5. **Гончарук Н.С.** Полимеры в овощеводстве. – М.: Колос, 1971. – 264 с.
6. **Круг Г.** Овощеводство / пер. с нем. В.И. Леунова. – М.: Колос, 2000. – 576 с.
7. **Коняев Н.Ф.** Томат под пленкой в Сибири. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1970. – 85 с.
8. **Коняев Н.Ф.** Научные основы высокой продуктивности овощных растений: учеб. пособие. – Новосибирск, 1981. – 436 с.
9. **Леунов И.И.** Теоретическое обоснование технологий выращивания овощей в открытом грунте: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1998. – 47 с.
10. **Иванов Н.М., Нестяк В.С., Арюпин В.В., Усольцев С.Ф.** Защитные сооружения для овощеводства // Вестн. НГАУ. – 2012. – № 2 (23). – С. 89–93.

11. Пат. № 2479986 (Российская Федерация), МПК A01G 13/02. Способ создания условий для выращивания теплолюбивых овощных культур в условиях открытого грунта и устройство для его реализации / В.В. Арюпин, В.С. Нестяк, С.Ф. Усольцев; заявл. 2011.10.05; опубл. 2013.04.27; Бюл. № 4.
12. Арюпин В.В., Усольцев С.Ф., Ивакин О.В., Нестяк В.С. Способ выращивания овощных культур и защитные сооружения для его реализации // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2013. – № 5. – С. 79–86.
13. Nestyak V., Aryupin V., Ivakin O., Usoltsev S., Serebryakov V. Thermal conditions shields for growing vegetables under unfavorable environment of open ground // Environmentally Friendly Agriculture and Forestry for Future Generations: Book of Full Papers of International Scientific XXXVI CIOSSA & CIGR SECTION V Conference (26-28 May 2015, Saint Petersburg, Russia). – SPbSAU, 2015. – P. 608–609.
14. Нестяк В.С. Овощеводство и биосфера – пути устранения противоречий // Біосферні основи землеробства в XXI столітті: міжнародна науково-технічна інтернет-конференція. [Электронный ресурс] – <http://www.ndipvt.com.ua>

Поступила в редакцию 14.03.2016

**O.V. IVAKIN, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,
V.S. NESTYAK, Doctor of Science in Engineering, Laboratory Head**

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture

Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501 Russia

e-mail: nestyak-vs@ya.ru

APPLICATION OF PROTECTIVE SCREENS FOR GROWING TOMATOES IN OPEN GROUND

Data are given from laboratory and field experiments carried out in 2011–2015 on studying the effectiveness of protective screens used for growing tomatoes under various conditions of open ground. Commercial outdoor tomato production in Siberia is practically absent due to high risks bound up with growing conditions. The region needs the development of technologies for outdoor growing warm-weather vegetable crops to be protected from unfavorable environmental impacts during the growing period. A widely-accepted method for protecting plants from late frosts by isolating them from the environment solves only a part of task that is lengthening spring-summer period for early-ripening varieties. But the first autumn frosts and other extreme events (fog, hail, cold dew or anthropogenic emissions) kill almost all unripe plants, or non-harvested crop. A distinctive feature of this research project is a possibility to protect plants during the entire growing period from unfavorable environmental impacts, and minimize time needed to respond to such environmental changes. With that, the protective function does not limit natural pollination of plants or access to them for watering, cultivating and harvesting that determines conditions for further mechanization of process operations.

Keywords: tomato, open ground, protective screens, field experiment, effective temperatures, production process.