



УДК 635:631.53.03

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
e-mail: sibime@ngs.ru*

К ОБОСНОВАНИЮ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАССАДЫ С ЗАЩИТНОЙ ПОЧВЕННО-КОРНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ

Рассмотрена возможность получения рассады с защитной почвенно-корневой структурой в грунтовых теплицах, не оснащенных мостовыми системами. Установлены предельные параметры защитной зоны на основных операциях формирования почвенно-корневой структуры рассады: подрезке корневой системы в горизонтальной плоскости и ее прорезке в вертикальной плоскости. Разработанный комплекс позволяет реализовать технологические возможности мостовых систем при производстве рассады с защитной почвенно-корневой структурой на принципиально иной основе (без жесткой направляющей колеи). Установлено, что операции формирования защитной почвенно-корневой структуры при выращивании рассады в условиях ограничения размеров защитной зоны вокруг корневой системы обеспечивают более высокую динамику развития растения. Темп прироста массы корней в вариантах опыта достигал 0,57–0,86 г/день (на контроле – 0,20 г/день), стебле-листового аппарата – до 1,95–2,52 г/день (на контроле – 1,15 г/день). Показано, что уменьшение защитной зоны до 3 см заметно не влияет на прирост массы корневой системы рассады, что позволило заложить этот допуск в исходные требования на разрабатываемый мобильный рассадный комплекс. При этом формируется более компактная по объему и форме рассада, что важно при ее механизированной посадке.

Ключевые слова: рассада, почвенно-корневая структура, производственный процесс, мобильный комплекс, рабочие органы, параметры.

Товарное производство томатов в условиях открытого грунта Сибири сдерживается помимо экономических проблем климатическими особенностями зоны. Недостаток тепла наблюдается в начале лета в виде опасности возвратных заморозков, низких температур почвы и ночных температур воздуха. В конце лета наблюдается снижение температуры воздуха, особенно в ночное время, и появляется опасность ранних осенних заморозков. Даже в середине лета северные ветры создают неблагоприятные условия для растений, а холодные росы способствуют их заболеванию. Кроме того, для сибирского лета характерно наличие длительных периодов с пасмурной погодой, когда приток солнечной радиации отсутствует или минимален. Все это создает серьезные риски для товаропроизводителей.

Снизить риски выращивания томатов в сибирских условиях и повысить его эффективность можно за счет применения защитных конструкций экранного типа, обеспечивающих (помимо защиты растений) накопление активных температур, которые способствуют повышению продуктивной теплообеспеченности растений [1–3]. При этом немаловажную роль играет качество используемой в технологии рассады [4–6]. Доказано, что применение

ние рассады с защитной почвенно-корневой структурой обеспечивает повышенную энергию роста и высокие адаптационные свойства высаживаемых растений к условиям открытого грунта, что уменьшает период ее приживаемости после высадки в открытый грунт, повышает устойчивость к внешним воздействиям, способствует росту урожайности плодов и семян [7–9]. Однако способ получения рассады подобного типа базируется на мостовых системах с жесткой направляющей колеей [10], новое строительство которых в экономической ситуации текущего периода практически невозможно для большинства товаропроизводителей. Вместо дорогостоящих агромостовых систем предложено применить малогабаритные мобильные комплексы, не требующие специального технико-технологического сопровождения и сложной инфраструктуры.

Цель исследования – выявить возможность получения рассады с защитной почвенно-корневой структурой в грунтовых теплицах, не оборудованных мостовыми системами, за счет применения мобильных комплексов.

Для выполнения поставленной цели определены задачи исследования: изучить динамику продукционного процесса рассады в условиях предельно-возможных значений операций формирования почвенно-корневой структуры – глубины подрезки корней и ширины защитной зоны; обосновать основные параметры мобильного рассадного комплекса для выращивания рассады такого типа, проверить его работоспособность и оценить качественные и энергетические показатели работы.

МЕТОДЫ, ОБЪЕКТЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы исследования – натурные эксперименты с применением частных и стандартных методик. Эксперименты и обработка полученных результатов выполнены с использованием теории планирования экспериментов, математической статистики и пакета прикладных программ. Оценивалось влияние возможных допусков на основные операции по формированию почвенно-корневой структуры (подрезка корневой системы рассады в горизонтальной плоскости и прорезка корневой системы по междурядьям в вертикальной плоскости) на динамику развития корневой системы рассады и ее качество.

В качестве независимых факторов определены параметры технологического процесса: в горизонтальной плоскости – ширина защитной зоны 3, 6, 9 см, в вертикальной – глубина подрезки корней 3, 6, 9 см. В качестве искомой функции – масса корней, масса стеблей.

Эксперименты проводили на лабораторной установке, имитирующей работу мостового шасси, и экспериментальном образце мобильного рассадного комплекса в грунтовой теплице СибИМЭ.

Для обеспечения точности эксперимента сорт томата, состав рассадной смеси, применяемые технические средства были постоянны, а временной фактор контролировали по фазам развития рассады при контрольных замерах. Кроме того, исследования по всем вариантам закладываемых опытов проводили в условиях одинаковой освещенности, пищевого и температурно-влажностного режимов.

Для эксперимента выбран сорт томата Буян, что обусловлено индивидуальными особенностями культуры, характеризующими современные тенденции селекции и производства: скороспелость, высокую урожайность и штамбовый тип, поддающийся комбайновой уборке.

В качестве исходной рассадной смеси принят торфяной тепличный субстрат, который является наиболее «жестким» и неблагоприятным составом (отсутствие связующих веществ) для формирования корнезащитных элементов в процессе выращивания рассады и сохранения ее почвенно-корневой структуры после выборки. В связи с этим положительный результат эксперимента однозначно определяет и возможность реализации способа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По всем вариантам опыта наблюдали положительную динамику роста массы всех элементов рассады. Масса корней на контроле в период роста рассады изменялась от 0,05 до 3,51 г, в вариантах опыта – от 0,05 до 6,73 г, что обеспечивалось более высоким темпом роста в вариантах эксперимента (0,57–0,86 г/день) по сравнению с контролем (0,20 г/день) (табл. 1).

Масса стебле-листового аппарата за период эксперимента на контроле возросла от 0,20 до 16,94 г (табл. 2). В опытных вариантах этот рост был в интервале 0,20–27,21 г. Темп прироста увеличился здесь к последнему замеру до 1,95–2,52 г/день, в то время как на контроле он достиг лишь 1,15 г/день.

Таблица 1

Изменение массы корней по вариантам опыта

Опыт	Фактор, см		Рост массы корней, г (замеры через каждые 5 дней)					
	Ширина защитной зоны	Глубина подрезки	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Контроль	Без подрезок		0,05	0,26	1,11	2,53	2,51	3,51
1	–(3)	–(3)	0,05	0,37	0,98	2,39	2,09	6,40
2	+(9)	–(3)	0,05	0,29	0,68	1,93	2,88	6,45
3	–(3)	+(9)	0,05	0,37	0,87	2,41	2,24	5,07
4	+(9)	+(9)	0,05	0,36	0,68	2,14	3,17	6,73
5–9	0 (6)	0 (6)	0,05	0,39	1,02	2,44	2,85	6,55

Таблица 2

Изменение массы стеблей по вариантам опыта

Опыт	Фактор, см		Рост массы стебля, г (замеры через каждые 5 дней)					
	Ширина защитной зоны	Глубина подрезки	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Контроль	Без подрезок		0,20	1,11	3,20	9,55	11,19	16,94
1	–(3)	–(3)	0,20	0,93	2,42	7,68	8,70	21,27
2	+(9)	–(3)	0,20	1,02	2,46	8,24	11,86	21,59
3	–(3)	+(9)	0,20	0,95	2,43	8,28	9,38	20,07
4	+(9)	+(9)	0,20	1,07	2,93	10,61	15,13	27,21
5–9	0 (6)	0 (6)	0,20	1,37	4,04	10,75	13,97	26,59

Следует отметить, что интенсивный прирост наблюдали и в варианте 1 с минимальной защитной зоной 3 см и глубиной подрезки 3 см. Уменьшение защитной зоны способствовало эффекту регенерации корней и ускоренному наращиванию их массы, а растения формировали более компактные по объему и форме почвенно-корневую структуру и стебле-листовой аппарат, что важно при механизированной посадке рассады.

Эксперименты показали, что уменьшение защитной зоны до 3 см заметно не влияет на прирост массы корневой системы рассады (он на уровне других вариантов и значительно выше контроля), что позволило заложить этот допуск в исходные требования на разрабатываемый мобильный комплекс (табл. 3).

В конструктивно-технологическую схему разрабатываемого рассадного комплекса была заложена возможность практической реализации всех операций получения рассады с защитной почвенно-корневой структурой и обеспечения необходимых допусков на операциях ее формирования, а также учтен опыт работы мостовых систем и основные параметры грунтовых теплиц.

В соответствии с предложенной схемой блочно-модульный рассадный комплекс содержит энергетический модуль, выполненный в виде универсальной шарнирной трехопорной рамы с независимым электроприводом, на котором смонтированы сменные рабочие органы. Число последних и их функции регламентируются технологическими особенностями и условиями производства рассады с защитной почвенно-корневой структурой.

Рабочие органы для обработки почвы и формирования гряд выполнены в виде двух фрезерных секций с общим приводом фрезбарабанов от независимого мотор-редуктора мощностью 4,0 кВт. Рабочие органы для высева семян выполнены в виде двух посевных аппаратов вибрационного типа с индивидуальными приводами мощностью 75 Вт. Рабочие органы для формирования защитной почвенно-корневой структуры смонтированы в виде быстросъемных сменных секций и выполнены для горизонталь-

Таблица 3

Формирование корневой системы рассады в зависимости от допусков ширины защитной зоны и глубины подрезки

Величина допуска, см	Рост массы корней, г (замеры через каждые 5 дней)					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
<i>Ширина защитной зоны</i>						
3	0,05	0,37	0,92	2,4	2,16	5,74
6	0,05	0,39	1,02	2,44	2,85	6,55
9	0,05	0,32	0,68	2,08	3,02	6,59
Контроль (без подрезок)	0,05	0,26	1,11	2,53	2,51	3,51
<i>Глубина подрезки</i>						
3	0,05	0,33	0,83	2,16	2,48	6,42
6	0,05	0,39	1,02	2,44	2,85	6,55
9	0,05	0,36	0,78	2,28	2,70	6,90
Контроль (без подрезок)	0,05	0,26	1,11	2,53	2,51	3,51

ной подрезки в виде многожильной стальной струны диаметром 1,5 мм, установленной под углом резания 110–130°; для вертикальной прорезки использованы черенковые ножи с толщиной лезвия 2,5 мм, установленные под углом резания 100–120°.

Характеристика комплекса: ширина – 1,6 м, глубина эшелонирования (длина) – 1,3, технологический зазор (расстояние от опорной поверхности колес до рамы) – 0,5, ширина захвата рабочих секций – 0,65, величина междурядий (ширина расстановки рабочих органов) – 0,12 м, мощность привода энергетического модуля – 0,75 кВт, рабочая скорость – 0,12–0,14 м/с.

В эксперименте устойчивость хода комплекса и его тяговые характеристики определялись в зависимости от глубины вертикальной и горизонтальной подрезки и значений углов резания. Глубина подрезок изменялась на трех уровнях: 3, 6 и 9 см в соответствии с изменением параметров корневой системы растений. Угол резания струны подрезчика корней изменялся в диапазоне 110, 120 и 130° к направлению движения, угол резания ножей прорезчика корней – 10, 20 и 30° к вертикали. Прорезку в вертикальной плоскости проводили по центру междурядья – 6 см. Для измерения тягового сопротивления, колебаний гряды и устойчивости хода рабочих органов комплекса применяли лабораторную установку комплекса и систему преобразования и регистрации информации СПР 02-1. Сигналы с датчиков записывали в память системы, а затем переносили в компьютер.

Эксперименты показали, что абсолютное значение стандартного отклонения поверхности гряды относительно поверхности дорожек не превышает 1,5 см. Рабочие органы формователя гряд и подрезчика жестко крепятся к раме, поэтому колебания поверхностей гряды и дорожек в этих пределах обеспечивают устойчивую глубину хода струны в допустимых пределах.

Установлено, что тяговое сопротивление рабочих органов для подрезки корней рассады в горизонтальной плоскости пропорционально глубине хода струны и находится в пределах 320–800 Н, удельное сопротивление – 300–650 Н/м. Тяговое сопротивление рабочих органов для прорезки корней в вертикальной плоскости составляет 250–320 Н, удельное сопротивление – 210–270 Н/м.

Испытания модифицированного энергетического модуля рассадного комплекса с фрезерными почвообрабатывающими органами подтвердили соответствие фактической мощности привода исходным требованиям при соблюдении агротехнических показателей качества почвы (см. рисунок). Глубина рыхлого слоя составила 12 см, крошение почвы – 94 %, гребнистость поверхности – 5 мм, поступательная скорость – 0,15 м/с, число оборотов ножей фрезбарабанов – 380 об./мин; удельные затраты мощности – 2,5 кВт/м, производительность за час сменного времени – 897 м²/ч.

Испытания посевного модуля показали, что наиболее устойчивый шаг посева формировался при частоте вибрации 10,5 Гц и амплитуде 2 и 3 мм. Для обеспечения шага посева в пределах 1–6 см нужно иметь возможность плавного регулирования частоты вибрации от 6 до 10 Гц и амплитуды колебаний от 1 до 5 мм. Средняя глубина заделки семян составляла 13–14 мм, стандартное отклонение не превышало 2,5 мм, следовательно, 95 % семян располагалось в допустимой зоне рассеяния.



Рассадный комплекс на обработке почвы с формированием гряд

Испытания показали, что разработанный блочно-модульный рассадный комплекс позволяет реализовать технологические возможности агромостовых систем при производстве рассады на принципиально иной основе (без жесткой направляющей колеи). Его можно использовать в грунтовых теплицах различных конструкций. Небольшие габариты и электропривод обеспечивают удобство работы и экологическую чистоту производства рассады нового типа при полной механизации технологического процесса. При этом в 1,5–2,0 раза снижается трудоемкость производства рассады и значительно повышается ее качество.

ВЫВОДЫ

1. Операции формирования защитной почвенно-корневой структуры при выращивании рассады в условиях ограничения размеров защитной зоны вокруг корневой системы рассады обеспечили в вариантах опыта темп прироста массы корней 0,57–0,86 г/день (на контроле – 0,20 г/день); стебле-листового аппарата до 1,95–2,52 г/день (на контроле – 1,15 г/день).

2. Уменьшение защитной зоны до 3 см заметно не влияет на прирост массы корневой системы рассады, что позволило заложить этот допуск в исходные требования на разрабатываемый мобильный рассадный комплекс. При этом формируется более компактная по объему и форме рассада, что важно при механизированной посадке рассады.

3. Обоснованы конструкция, состав и параметры рабочих органов мобильного рассадного комплекса и доказана возможность его применения для получения рассады с защитной почвенно-корневой структурой в теплицах, не оборудованных мостовыми системами с жесткой направляющей колеей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усольцев С.Ф., Арюпин В.В., Нестяк В.С. К вопросу разработки технологии выращивания томатов в условиях Сибири // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – Кн. 1. – С. 523–526.
2. 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.
3. Нестяк В.С., Арюпин В.В., Усольцев С.Ф., Ивакин О.В. Устройства для выращивания овощных культур в неблагоприятных условиях открытого грунта // Техника в сел. хоз-ве. – 2013. – № 4. – С. 4–7.
4. Эдельштейн В.И., Тараканов Г.И. Выращивание овощной рассады. – М.: Моск. рабочий, 1962. – 440 с.
5. Модестова Н.А. Выращивание рассады овощных культур под пленкой. – Л.: Колос, 1978. – 112 с.
6. Пат. 2318367 РФ, МКИ А 01 G 1/00 Способ выращивания рассады / В.С. Нестяк, С.В. Нестяк. – № 2005130423/12; Заявл. 30.09.2005; Оpubл. 10.03.2008; Бюл. № 7.
7. Нестяк В.С. Механико-технологические аспекты защиты корневой системы рассады в процессе ее производства // Механизация и автоматизация производства овощей и картофеля в Сибири: науч.-тех. бюл. – Новосибирск, 1994. – Вып. 2. – С. 8–15.
8. Нестяк В.С., Каширский А.И., Ивакин О.В. Методологические основы производства рассады с защитной почвенно-корневой структурой // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 1. – С. 99–105.
9. Нестяк В.С., Сирота С.М. Выращивание рассады с направленно формируемой корневой системой // Овощеводство. Состояние. Проблемы, перспективы: науч. тр. – М.: НИИО, 2002. – Т. 2. – С. 241–245.
10. Нестяк В.С., Каширский А.И. Новые подходы механизации производства рассады // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 10. – С. 7–10.

Поступила в редакцию 15.10.2014

**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
e-mail: sibime@ngs.ru*

SUBSTANTIATION OF COMPLEX FOR GROWING TRANSPLANT SEEDLINGS WITH PROTECTIVE SOIL-ROOT STRUCTURES

There is considered a possibility to obtain transplant seedlings with protective soil-root structures in ground greenhouses not equipped with bridge systems. There were established limit parameters of the protective zone for such operations on forming soil-root structures of transplants as cutting the root system in horizontal plane, and slotting it in vertical plane. The complex developed allows us to use technological capabilities of bridge systems while growing transplants with protective soil-root structures on the principally new base (without rigid guide track). It has been established that operations on forming protective soil-root structures while growing transplants under conditions of size-limited protective zone round the root system provide higher dynamics of plant development. The rate of root weight gain in the experimental variants reached 0.57–0.86 g/day (0.20 g/day in the control), the rate of stem-and-leaf apparatus up to 1.95–2.8652 g/day (1.15 g/day in the control). It is shown that 3 cm decrease in size of the protective zone does not significantly influence root weight gains that has allowed us to build allowance for source requirements to developing mobile complex. With that, transplants are formed more compact in volume and shape that is important for mechanized planting.

Keywords: transplant seedlings, soil-root structure, production process, mobile complex, working tools, parameters.