

ваний было соответственно в 1,8 и 1,5 раза ниже, чем на сорте Мудрость одесская. Согласно результатам исследований, при выращивании относительно устойчивого к болезням сорта Оберег Мироновский в среднем за 2017–2018 гг. получена самая высокая урожайность зерна пшеницы озимой.

В условиях западной лесостепи Украины нужно выращивать сорта Оберег Мироновский, Водограй белоцерковский, которые имеют комплексную устойчивость к основным болезням и при этом гарантируют высокую урожайность.

Внедрение устойчивых сортов является самым эффективным и экологически безопасным мероприятием улучшения фитосанитарного состояния агроценоза пшеницы озимой.

Литература

1. Бегей, С. В. Экологичне землеробство / С. В. Бегей, І. А. Шварвар. – Львів, 2007. – 432 с.
2. Грибні хвороби озимих зернових та заходи по обмеженню їх розвитку в умовах Лісостепу Західного / Г. Я. Біловус [та ін.] // Вісник Агрофорум. – 2019. – № 8 (103). – С. 13–22.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Джерела стійкості пшениці озимі до основних збудників грибних хвороб / О. Г. Афанасьєва [та ін.] // Захист і карантин рослин. – 2012. – Вип. 58. – С. 9–16.
5. Звягін, А. Ф. Селекційна цінність сортів озимі пшениці різного еколого-географічного походження для підвищення адаптивного потенціалу в умовах Східного Лісостепу України / А. Ф. Звягін, Н. І. Рябчун, О. Ю. Леонов // Селекція і насінництво. – 2009. – Вип. 97. – С. 137–144.
6. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Камінський [та ін.]. – Київ, 2015. – 272 с.
7. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на групповую устойчивость к фитопатогенам. / Л. Т. Бабаянц [и др.] // Зб. наук. праць СГП. – 2007. – Вип. 9 (49). – С. 224–237.
8. Кулешов, А. В. Прогноз розвитку хвороб сільськогосподарських культур: навч. посібник / А. В. Кулешов; Харк. нац. аграр. ун-т. – Харків, 2014. – 209 с.
9. Крючкова, Л. О. Генетичні основи стійкості пшениці до грибних хвороб / Л. О. Крючкова, Л. М. Нежигай, Т. М. Чеченева // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42. – С. 202–209.

10. Лісовий, М. П. Імунологічна характеристика сортів озимі пшениці на стійкість щодо септоріозу і створення вихідного матеріалу / М. П. Лісовий, В. Я. Сабадин // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 8. – С. 9–10.
11. Лихочвор, В. В. Озима пшениця / В. В. Лихочвор, Р. Р. Проць. – Львів, 2006. – 216 с.
12. Левитин, М. М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении / М. М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8. – С. 16–17.
13. Методи селекції і оцінки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц [и др.]. – Прага, 1988. – 321 с.
14. Наш головний хліб / С. О. Трибель [та ін.] // Насінництво. – 2012. – № 11. – С. 9–18.
15. Олейников, Е. С. Прогноз розвитку хвороб листя пшениці озимі / Олейников Е. С. // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія». – 2017. – № 1–2. – С. 130–133.
16. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку із змінами клімату / М. І. Ромащенко [та ін.]. – Київ, 2003. – 96 с.
17. Ретьман, С. В. Плямистості озимі пшениці / С. В. Ретьман. – Київ, 2010. – 231 с.
18. Сабадин, В. Я. Септоріоз озимі пшениці. Видовий склад та фізіологічна спеціалізація / В. Я. Сабадин // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 4. – С. 10–12.
19. Сабадин, В. Я. Стійкість сортів озимі пшениці до септоріозу та поширення його збудників у Правобережному Лісостепу / В. Я. Сабадин // Зб. Інститут землеробства УААН. – 2004. – С. 82–86.
20. Стійкість до хвороб і шкідників ярої м'якої пшениці різного еколого-географічного походження в умовах Північно-Східної частини Лісостепу / В. П. Петренкова [та ін.] // Генетичні ресурси рослин. – 2008. – № 5. – С. 160–168.
21. Трибель, С. О. Стійкі сорти: проблеми і перспективи / С. О. Трибель // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 5. – С. 3–5.
22. Уліч, Л. Нові сорти озимі пшениці / Л. Уліч // Пропозиція. – 2004. – № 8–9. – С. 44–46.
23. Уліч, Л. Нова генерація сортів озимі пшениці / Л. Уліч // Пропозиція. – 2006. – № 7. – С. 46–49.
24. Федоренко, В. П. Чотири основоположних принципи. Неухильне їх дотримання за організації захисту зернових колосових культур дасть змогу успішно протистояти збудникам найшкідливіших захворювань / В. П. Федоренко // Захист рослин. – 2004. – № 1. – С. 3–4.
25. Bilovus G. Ya. Influence of meteorological conditions and varietal peculiarities on development of fungal diseases winter wheat / G. Ya. Bilovus // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 1. – С. 76–80.

УДК 631.674.6:634.11:581.144.2

Закономерности развития корневой системы яблони при разных режимах орошения

*А. П. Шатковский, доктор с.-х. наук
Институт водных проблем и мелиорации, Украина
Ф. А. Минза, главный гидротехник
Сельскохозяйственное общество с ограниченной ответственностью «Энограй»*

(Дата поступления статьи в редакцию 05.12.2019 г.)

Целью исследований было определение биометрических параметров и особенностей развития корневой системы яблони на подвое М-9 при различных поливных режимах. Режимы орошения формировали с помощью автоматической интернет-станции влажности почвы iMetos ECO D2, тензиометров; метода «Penman-Monteith», визуальных наблюдений, а контрольным вариантом были богарные условия выращивания (без орошения). За период исследований были определены закономерности горизонтального и вер-

The purpose of the research was to determine the biometric parameters and features of the development of the root system of apple on the rootstock M-9 under different watering regimes. Modes were formed using: the iMetos ECO D2 automatic Internet station for soil moisture, tensiometers; Penman-Monteith method, visual observations, and the control option were rainfed growing conditions (without irrigation). During the period of researches (2017) it was determined: patterns of horizontal and vertical root propagation, depth and width of root formation zone, mass of root

тикального распространения корней, глубина и ширина зоны корнеобразования, масса корневой системы в слоях почвы, средняя длина корней, показатель ветвления, коэффициенты обслуживания и производительности корневой системы.

Введение

От развития и функционирования фундамента плодовых растений – корневой системы – зависит их состояние, жизнедеятельность и урожайность. Способность корня растений поглощать и накапливать влагу, элементы питания неоднократно доказана.

Одним из основных факторов влияния на формирование и функционирование корневой системы является водный режим почвы, который в орошаемых условиях обуславливается совокупностью сроков, норм и количеством поливов – режимом орошения [1]. Формирование оптимального режима орошения зависит от биологических особенностей культур и специфики их водопотребления, погодных условий вегетационного периода, свойств почвы и т. п. Постоянство обеспечения в вегетационный период корневой системы растений водой в засушливых климатических условиях гарантирует нормальный ход процессов их жизнедеятельности и развития [2].

Определение закономерностей роста и размещения корневой системы, влияния орошения на специфику распространения корней дает возможность контролировать процессы развития растений [3].

Скороплодные и высокопродуктивные сорта плодовых деревьев, интродуцированные на карликовых клоновых подвоях, выращивают в садах интенсивного типа. Корневая система таких многолетних насаждений занимает незначительный, ограниченный объем почвы (до 0,1 м³), что в 2–3 раза меньше, чем в сильнорослых семечковых садах [4]. В связи с этим эффективное использование системы капельного орошения (СКО), без которой невозможно ведение садоводства такого типа, предполагает тщательное изучение параметров и характеристик развития корневой системы плодовых деревьев [5]. Определение факторов, которые позволяют максимально использовать результативные возможности капельного орошения, является основанием для проведения соответствующих исследований [6].

Таким образом, существовала необходимость проведения исследований по определению биометрических показателей и установления закономерностей развития корневой системы яблони на подвое М-9 при различных режимах капельного орошения в условиях степи Украины.

Изучение развития и размещения корневой системы растений активно осуществляли в 50–60-е годы прошлого века разными методами, в том числе с применением отмывания монолитов, проведением количественного учета и измерения корней, методами «отмывания траншеи», полной раскопки и т. д. [7, 8, 9]. Доказано, что определение характеристик и параметров корневой системы, которая формируется при орошении растений, позволяет влиять на направления развития плодовых культур [3, 10].

Последние исследования по изучению характеристик корневой системы растений в условиях капельного орошения касались овощных и других пропашных культур [11, 12, 13]. Также исследовали влияние агротехнологических операций на развитие корней многолетних насаждений, не связанных с определением оптимального метода назначения режима орошения [14]. То есть, специфика развития корневой системы яблони при капельном орошении изучена недостаточно.

system in soil layers, average root length, ramification indicator, coefficient service and coefficient productivity root system.

Цель данного исследования – определение биометрических параметров и закономерностей развития корневой системы яблони на подвое М-9 при различных режимах капельного орошения.

Условия и методика исследований

Исследование корневой системы яблони проводили в течение 2017 г. в производственных условиях яблоневого сада интенсивного типа (схема 4 × 1 м) 2010 г. посадки, который территориально размещен в с. Софиевка Белозерского района Херсонской области. Почва исследовательского участка – темно-каштановая среднесуглинистая на лессах. В СКО использована многолетняя капельная трубка типа «АКВАГОЛ» 16/35 с расстоянием между водовыпусками 0,5 м, расходом капельниц – 1,6 дм³/ч.

Для изучения закономерностей развития и параметров корневой системы яблони на подвое М-9, для ее количественного учета, применяли общепринятые методики: «свободный монолит» и полную раскопку [5, 7, 8, 9].

Различные режимы капельного орошения формировали в 5 вариантах с помощью автоматической интернет-станции влажности почвы iMetos ECO D2 (датчики типа Echo Probe 200 SS) [15], тензиометров типа ВВТ-II, расчетного метода суммарного водопотребления «Penman-Monteith» и визуальных наблюдений. Контрольным вариантом были богарные условия выращивания (без орошения).

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения параметров корневой системы яблони согласно методикам были получены экспериментальные данные о крупных, средних и мелких корнях в соответствующих зонах распространения в разрезе различных режимов орошения (таблица 1).

Наибольшая суммарная длина определена у мелких корней в горизонтальном распространении при режиме орошения с назначением поливов с помощью станции влажности почвы iMetos ECO D2 – 8,73 м. Наименьший параметр у мелких корней вертикального распространения в контрольном варианте – 1,36 м, а с поливным режимом – у мелких корней вертикального распространения с визуальным назначением сроков полива – 2,42 м.

Распределение корневой системы яблони между вертикальным и горизонтальным направлением распространения в зависимости от режима капельного орошения приведены в таблице 2.

По результатам исследований количество корней зафиксировано:

- максимальное – в горизонтальном распространении корней в варианте с назначением поливов с помощью станции влажности почвы iMetos ECO – 83 шт.;
- минимальное – в вертикальном распространении корней в контроле – 32 шт., а с поливным режимом – у мелких корней вертикального распространения в варианте с визуальным назначением сроков полива – 40 шт.

На участках с капельным орошением преобладало горизонтальное распространение корней в 1,4–1,8 раза. Без орошения, наоборот, вертикальное распространение

Таблица 1 – Параметры корневой системы яблони на подвое М-9 в зависимости от режимов капельного орошения

Параметры корневой системы	Режим орошения				Без орошения
	iMetos	тензиометры	Penman-Monteith	визуально	
Длина больших вертикальных корней, м	3,40	3,35	3,85	2,60	2,90
Длина больших горизонтальных корней, м	5,05	5,10	4,55	3,45	2,50
Длина средних вертикальных корней, м	2,60	2,50	3,23	3,62	3,79
Длина средних горизонтальных корней, м	3,15	3,28	3,60	4,34	1,55
Длина мелких вертикальных корней, м	3,60	3,07	3,06	2,42	1,36
Длина мелких горизонтальных корней, м	8,73	6,68	6,04	5,05	2,94
НСР _{0,5}	0,32	0,28	0,26	0,25	0,20

Таблица 2 – Распределение корней в вертикальном и горизонтальном направлении корневой системы яблони в зависимости от режима капельного орошения

Количественные параметры	Режим орошения				Без орошения
	iMetos	тензиометры	Penman-Monteith	визуально	
Количество корневых окончаний в вертикальном направлении, шт.	47	43	49	40	32
Количество корневых окончаний в горизонтальном направлении, шт.	83	73	70	62	36
Общее количество корневых окончаний, шт.	130	116	119	102	68

корней больше в 1,2 раза горизонтального направления распространения.

Данные измерений параметров размещения корневой системы яблони в слоях почвы в зависимости от метода назначения сроков полива приведены в таблице 3. Параметры корневой системы яблони на орошаемых участках превышают контрольный вариант в 1,2–3,2 раза. В том числе, на участке с назначением поливов с помощью интернет-станции глубина и ширина размещения корней превышает в 1,6 раза, а их суммарная длина – в 1,8 раза.

Результаты исследований по размещению основной массы корней яблони приведены в таблице 4.

Таким образом, экспериментально доказано, что при капельном орошении более 74 % корневой системы размещается в слое почвы до 40 см. Удельный вес послышной массы корневой системы яблони в этом слое почвы при любом методе назначения сроков поливов более чем в 1,5 раза превышает этот показатель на участке с естественным увлажнением.

В слое почвы 0–40 см также зафиксировано максимальное насыщение физиологически активных корневых ответвлений. Посредством сопоставления формы контуров зоны увлажнения почвы (до 52 см) и параметров размещения корневой системы установлено их соответствие.

Значения параметров, рассчитанные на основании линейных измерений размещения корневой системы яблони при капельном орошении в зависимости от режимов орошения, систематизированы в процессе проведения исследований и приведены в таблице 5.

Заключение

По результатам проведенных исследований установлены следующие закономерности развития и параметры

корневой системы (КС) яблони на подвое М-9 в зависимости от режимов капельного орошения:

- КС занимает незначительный объем почвы (от 0,1 до 0,2 м³);
- КС имеет достаточно поверхностную структуру залегания;
- КС подвержена ветвлению, имеется значительное количество боковых и дополнительных корневых ответвлений;
- основной скелетный корень развит достаточно (усредненные характеристики отдельных элементов: длина – до 1,2 м, диаметр – до 28 мм, масса – около 0,7 кг), что позволяет дереву укрепиться в почве в более устойчивом положении;
- наибольшая доля (от 77 до 79 %) физиологически активных корневых ответвлений находится в области штамба в слое 0–40 см;
- основная масса КС (от 74 до 82 %) находится на глубине до 40 см.

Поэтому вариант без орошения (контроль) существенно отличается от орошаемых вариантов. В первую очередь, он характеризуется мощным основным скелетным корнем, незначительной разветвленностью и слабо развитыми обрастающими и впитывающими корнями. Параметры корневой системы неполивных яблонь во всех слоях почвы практически не отличаются, специфика размещения (до и более 40 см) по суммарной длине и массе составляет около 50 %. Таким образом, подтверждена необходимость обязательного орошения яблоневого сада интенсивного типа.

Рекомендуется учитывать установленные параметры размещения и развития корневой системы яблони на подвое М-9 при проектировании и эксплуатации СКО интенсивных насаждений. Из методов назначения сроков полива более эффективным, с точки зрения характери-

Таблиця 3 – Параметри розміщення корневої системи яблони в шарах ґрунту в залежності від режиму крапельного зрошення

Биометрические параметры	Режим орошения				Без орошения
	iMetos	тензиометры	Penman-Monteith	визуально	
Глубина размещения корневой системы максимальная, м	1,22	1,15	1,03	0,91	0,76
Ширина размещения корневой системы максимальная, м	2,14	2,08	1,89	1,82	1,36
Длина корней в слое почвы 0–20 см, м	14,64	14,60	12,72	10,37	4,56
Длина корней в слое почвы 21–40 см, м	8,52	5,64	8,81	7,60	3,07
Длина корней в слое почвы более 40 см, м	3,37	3,74	2,80	3,50	7,41
Всего длина корней, м	26,53	23,98	24,33	21,48	15,04

Таблиця 4 – Послойная масса корней яблони в залежності від режиму зрошення

Масса корней	Режим орошения				Без орошения
	iMetos	тензиометры	Penman-Monteith	визуально	
Масса корней в слое почвы 0–20 см, г	3721	3848	3596	2493	765
Масса корней в слое почвы 21–40 см, г	1312	1078	1619	1300	429
Масса корней в слое почвы более 40 см, г	1243	1341	1184	1326	1151
Масса корней всего, г	6276	6267	6398	5119	2345

Таблиця 5 – Параметри корневої системи яблони в залежності від режиму зрошення

Показатель	Режим орошения				Без орошения
	iMetos	тензиометры	Penman-Monteith	визуально	
Средняя длина корней (корневой коэффициент), м	0,204	0,207	0,205	0,2106	0,2212
Показатель ветвления, шт./м	4,90	4,840	4,890	4,750	4,520
Коэффициент обслуживания	0,40	0,409	0,566	0,545	1,966
Коэффициент продуктивности корневой системы, кг/дм ²	0,077	0,072	0,0614	0,0697	0,029

стики корневої системи та її розвитку, визначено метод з використанням автоматичної інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2.

Література

- Зрошення. Мікрозрошення. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 7704:2015. – Введ. 2016–08–01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015. – 18 с. (Національні стандарти України).
- Величко, Л. Н. Практикум з фізіології рослин / Л. Н. Величко, А. С. Меркушина, Л. В. Чорна. – Умань, 2006. – 108 с.
- Яковлев, С. О. Коренева система сільськогосподарських культур при зрошенні / С. О. Яковлев // Зрошення. Наукові праці УкрНДІГІМ. – Вип. 81/7. – К.: Державне видавництво с.-г. літератури, 1962. – С. 40–45.
- Рекомендації щодо технології вирощування зерняткових садів на клонових підщепах за краплинного зрошення в умовах Лісостепу України / За ред. М. І. Ромащенко, С. В. Рябкова. – К: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. – 72 с.
- Рожков, В. А. Методи изучения корневых систем растений в поле и лаборатории: учебно-методическое пособие / В. А. Рожков, И. В. Кузнецова, Х. Р. Рахматулов. – 2-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 51 с.
- Мікрозрошення. Краплинне зрошення плодових культур. Загальні вимоги та методи контролювання: ДСТУ 7594:2014. – Введ. 2014–12–02. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. – 5 с. (Національний стандарт України).
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Бондаренка Г. Л., Яковенка К. І. – Харків: Основа, 2001. – 369 с.
- Станков, Н. З. Методи і прийоми изучения корневої системи рослин в польових умовах / Н. З. Станков // Бюлетень географічної мережі спостережень з удобреннями. – № 1. – М.: ВІУА, 1957. – С. 11–17.
- Тарановская, М. Г. Методи изучения корневых систем / М. Г. Тарановская. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 109 с.
- Кружилин, А. С. Биологические особенности орошаемых культур / А. С. Кружилин. – М.: Сельхозиздат, 1954. – 383 с.
- Шатковський, А. П. Обґрунтування елементів технології мікрозрошення моркви в умовах півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02 / А. П. Шатковський. – Київ: УАН. Ін-т гідротехніки і меліорації, 2007. – 18 с.
- Шатковський, А. П. Наукові основи інтенсивних технологій краплинного зрошення просяних культур в умовах степу України: дис. д-ра с.-г. наук: 06.01.02 / А. П. Шатковський. – Київ, 2016. – 496 с.
- Ромащенко, М. І. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України / М. І. Ромащенко, А. П. Шатковський, С. В. Рябков. – К.: Видавництво «ДІА», 2012. – 248 с.
- Гулько, Б. Архітектоніка корневої системи яблуні на клонових підщепах у саду / Б. Гулько, В. Гулько // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агронімія. – 2014. – № 18. – С. 224–227.
- iMetos-ECO-D2. A reliable and cost-effective solution for Soil Moisture monitoring, Rain, Water level and Irrigation Management [Electronic resource]. – Mode of access: <http://metos.at/page/en/products/2/iMetos-ECO-D2>. – Date of access: 03.05.2015.