

Влияние агроэкологических условий на биохимический состав и устойчивость к патогенам корнеплодов моркови столовой

А. В. Корнев¹, В. И. Леунов², Л. М. Соколова¹✉, А. Н. Ховрин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –

филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия

² Журнал «Картофель и овощи», д. Верея, Московская область, Россия

✉ E-mail: lsokolova74@mail.ru

Аннотация. Повышение температур может привести к изменению географического распространения различных видов грибных фитопатогенов, вследствие чего степень их развития может достигать 70–80 %, а урожайность снижается на 35–50 %. Есть утверждение, что содержание сахаров в корнеплодах одного и того же сорта обуславливается погодными условиями, тогда как вопросы взаимосвязи химического состава корнеплодов и устойчивости к поражению патогенами в научной литературе практически отсутствуют.

Цель исследований – выявить влияние агроклиматических условий года на биохимический состав корнеплодов моркови столовой и устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* на примере линий и сортов-популяций. **Методы.** Исследования проводили на линиях и сортах моркови столовой среднеспелого срока созревания сортотипа Берликум/Нантская в 2014–2022 гг. во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО в лаборатории корнеплодных культур. Посевы размещались на аллювиальных луговых почвах Раменского района Московской области в условиях богары. Площадь учетной делянки – 7 м². Повторность трехкратная. Основными элементами учета болезней служили распространенность, степень поражения, интенсивность развития. Сухое вещество определяли методом высушивания в термостате. Содержание β-каротина определяли спектрофотометрическим методом. **В результате** исследований доказано незначительное влияние агроклиматических условий на изменение содержания каротина. Так, у линий 1238 П, 1238 В (18,2 мг/100 г) и сорта Лосиноостровская 13 (19,4 мг/100 г). Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества: от 10,7 % (линия 8 В) до 12,2 % (линия 1238 П). Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров. При иммунологической оценке выделены образцы, которые относятся к группе слабовосприимчивых с баллом поражения от 0,9 до 1,4: 690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 П, 661 В, 1268. **Научная новизна.** Определено влияние агроклиматических факторов в годы исследования на устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria*, содержанию каротина, сухого вещества и сахара в корнеплодах моркови столовой.

Ключевые слова: морковь столовая, линия, сорт, устойчивость к патогенам, биохимический состав, погодные условия

Для цитирования: Корнев А. В., Леунов В. И., Соколова Л. М., Ховрин А. Н. Влияние агроэкологических условий на биохимический состав и устойчивость к патогенам корнеплодов моркови столовой // Аграрный Вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 539–551. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-539-551>.

Дата поступления статьи: 04.07.2024, **дата рецензирования:** 10.03.2025, **дата принятия:** 31.03.2025.

The influence of agroecological conditions on the biochemical composition and resistance to pathogens of table carrot root crops

A. V. Kornev¹, V. I. Leunov², L. M. Sokolova^{1✉}, A. N. Khovrin¹

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia

² The journal “Potatoes and Vegetables”, Vereya village, Moscow region, Russia

✉E-mail: lsokolova74@mail.ru

Abstract. An increase in temperatures may lead to a change in the geographical distribution of various types of fungal phytopathogens. As a result, the degree of their development can reach 70–80 %, and the yield decreases by 35–50 %. There is an assertion that the sugar content in root crops of the same variety is determined by weather conditions, whereas the issues of the relationship between the chemical composition of root crops and resistance to pathogens are practically absent in the scientific literature. **The purpose** of the research: to identify the influence of agro-climatic conditions of the year on the biochemical composition of table carrot root crops and resistance to pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria* on the example of lines and varieties-populations. **Methods.** The studies were carried out on lines and varieties of table carrots of the average ripening period of the Berlikum/ Nantskaya variety type in 2014–2022 at the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing in the laboratory of root crops. The crops were placed on alluvial meadow soils of the Ramenskoe district of the Moscow region in Bogara conditions. The area of the accounting plot is 7 m². The repetition is threefold. The main elements of disease accounting were the prevalence, degree of lesion, and intensity of development. The dry substance was determined by drying in a thermostat. The content of β -carotene was determined by spectrophotometric method. As a **result** of the research, an insignificant effect of agro-climatic conditions on the change in carotene content was proved, so in the lines 1238 P, 1238 V (18.2 mg/100 g) and the Losinoostrovskaya 13 variety (19.4 mg/100 g). The average variability in terms of dry matter content was noted from 10.7 % (line 8 V) to 12.2 % (line 1238 P). The average variability on the basis of sugar content was revealed. During the immunological assessment, samples were identified that belong to the group of weakly susceptible with a lesion score from 0.9 to 1.4: 690 V, 690 P, 8 V, 200 P, 1238 V, 1238 P, 1585 V, 1585 P, 535 P, 661 V, 1268. **Scientific novelty** The influence of agroclimatic factors from years of research on resistance to pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria*, the content of carotene, dry matter and sugar in the root crops of table carrots has been determined.

Keywords: table carrots, line, variety, resistance to pathogens, biochemical composition, weather conditions

For citation: Kornev A. V., Leunov V. I., Sokolova L. M., Khovrin A. N. The influence of agroecological conditions on the biochemical composition and resistance to pathogens of table carrot root crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 539–551. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-539-551>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.07.2024, **date of review:** 10.03.2025, **date of acceptance:** 31.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Морковь культурная (международное научное название – *Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Schübl. & G. Martens (1834)) – главная овощная культура семейства сельдерейных (*Apiaceae*). В Российской Федерации морковь занимает около 70 000 га, из них 30 000 га в товарных хозяйствах [1].

Патогенные микроорганизмы в основном являются внутриклеточными патогенами. Они проникают в различные органы растения во время взаимодействия с хозяином, живут внутри и убивают клетки-хозяева с помощью токсичных ферментов или соединений, что приводит к сосудистым увяда-

ниям, пятнистости листьев, язвам и другим симптомам болезней [2; 3].

Чтобы справиться с этими биотическими стрессами, растения развили иммунную систему, включающую физические барьеры (воски, толстая кутикула и специализированные трихомы) для предотвращения оседания патогенов, тем самым давая иммунные ответы, которые активируют защитные механизмы растений [4–7].

Однако эти механизмы не могут полностью противостоять поражению патогенами, которые все равно влияют на развитие сельскохозяйственных культур, приводят к потере урожая на 17–30 % и

значительным ухудшениям качества и, несомненно, представляют собой самую серьезную угрозу мировой продовольственной безопасности [8–11].

Для борьбы с патогенными грибами, которые паразитируют на растениях, комплексные мероприятия, проводимые в поле, такие как санитарная обработка полей, севооборот и пар, рыхление и ручное удаление зараженных растений, применяются только в качестве вспомогательных подходов из-за их трудоемкости и ограничений в уничтожении болезней [9; 12; 13].

В связи с тем, что в последние десятилетия значительно участились эпифитотии наиболее вредоносных заболеваний и возросла вирулентность ранее слабопатогенных возбудителей, а также в зависимости от изменений агроклиматических условий распространенность болезней из рр. *Fusarium* и *Alternaria* может достигать 70–80 %, а урожайность корнеплодов снижается на 35–50 % [14].

Повышение температур может привести к изменению географического распространения различных видов грибных фитопатогенов [15].

Температура может оказать серьезное воздействие на ген устойчивости, так как в зависимости от агроклиматических условий происходит варьирование толерантности. Погодные условия – комплексный фактор воздействия на растения. К числу составляющих следует отнести температуру воздуха и почвы, интенсивность и продолжительность освещения, влажность почвы и воздуха и другие показатели. Наиболее подвижными из них являются температура и влажность воздуха [16].

Есть основания утверждать, что при относительно низкой температуре (8 °C) в корнеплодах преобладает синтез белка, а при более высокой (20 °C) – синтез каротиноидов. Высокая температура воздуха относительно благоприятствует созреванию корнеплодов и более высокому накоплению каротина [17].

Содержание каротина в корнеплодах моркови в значительной мере определяется интенсивностью фотосинтеза. Факторы, способствующие интенсивному росту корнеплода, взаимосвязаны с величиной накопления каротина в корнеплодах. К ним, кроме температуры и влажности, можно отнести интенсивность и длительность освещения. В. М. Кузлякина и А. М. Зайцев считают, что высокое содержание каротина накапливается в условиях теплой солнечной погоды [18].

Содержанию сухих веществ и сахаров в корнеплодах моркови в зависимости от сортовых особенностей и условий выращивания присуща средняя сортовая изменчивость: V меньше 20 % [19].

Существенное влияние погодных условий года на содержание сухого вещества подтверждается результатами исследований. В то же время исследователи утверждают, что изменчивость содержа-

ния сахаров в корнеплодах одного и того же сорта, обуславливаемая погодными условиями, примерно одинакова для разных районов выращивания [20].

В течение длительного времени в Научно-исследовательском институте овощного хозяйства – Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства (НИИОХ – ВНИИО) проводилась целенаправленная селекционная работа по созданию линейного материала, сортов-популяций с повышенным содержанием каротина. В результате целенаправленной работы содержание каротина увеличилось с 10 мг/100 г (конец 50-х годов прошлого века) до 17–19 мг/100 г (конец XX века). В настоящее время необходимы создание гомозиготных линий по данному признаку, определение его наследования и последующего генотипирования.

В настоящее время вопросы взаимосвязи химического состава корнеплодов и устойчивости к поражению патогенами в научной литературе практически отсутствуют.

Изучение вопросов сочетания в одном генотипе высокого содержания отдельных биологически активных веществ и устойчивости к поражению основными патогенами в будущем позволит создать гетерозисные гибриды моркови столовой с комплексом этих важных признаков.

Цель исследований – выявить влияние агроклиматических условий года на биохимический состав корнеплодов моркови столовой и устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* на примере линий и сортов-популяций.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в 2014–2022 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте овощного хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦО в лаборатории корнеплодных культур. В исследованиях были линии и сорта среднеспелого срока созревания сортотипа Берликум/Нантская.

Для посева использовали оригинальные семена линий и сортов-популяций моркови столовой.

Оценку устойчивости проводили на специально отведенном участке селекционного центра с внесением патогенов *Alternaria* и *Fusarium*, размноженных на зерносмеси (овес) при посеве, в период вегетации проводили дополнительное инфицирование листовых пластин суспензией спор изучаемых патогенов.

Естественный фон располагался в селекционном севообороте на аллювиальных луговых почвах Раменского района Московской области. Предшественниками были лук репчатый, капуста белокочанная, свекла столовая. Во второй декаде мая проводили посев ручной селекционной сеялкой по схеме 70 см на гребнях. Площадь учетной делянки – 7 м². Повторность трехкратная.

Первую оценку на поражение болезнями по листовой пластине проводили, когда растение первого

года жизни имело четыре настоящих листа (июнь), вторую – когда растения первого года жизни полностью сформировали листовую пластину (июль), третью – перед опрыскиванием суспензией спор

альтернarii и фузариума (август), четвертую – после заражения на 17-й день, пятую – в период уборки.

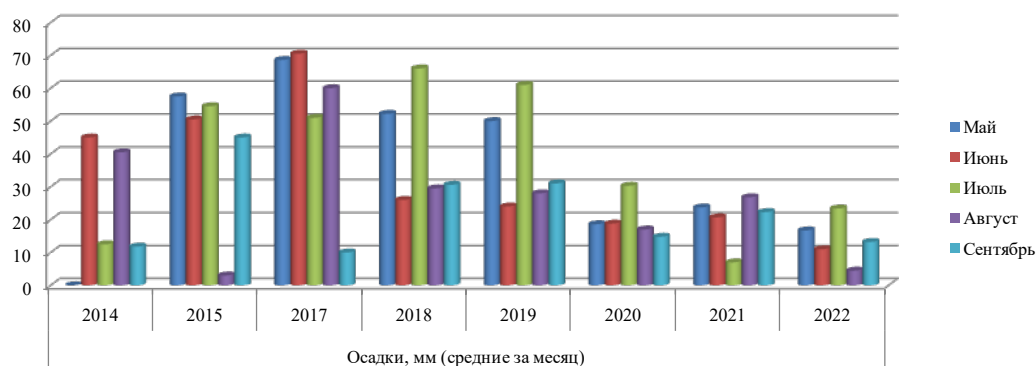


Рис. 1. Количество осадков за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

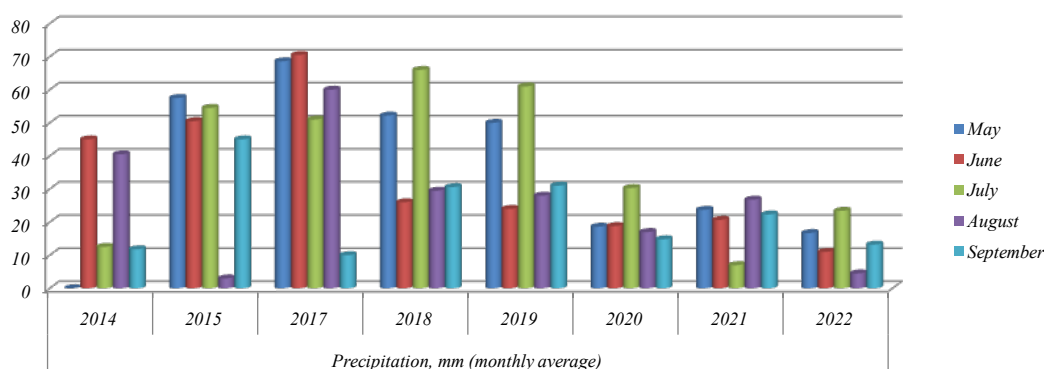


Fig. 1. The amount of precipitation during the growing season according to the years of research (2014–2022)

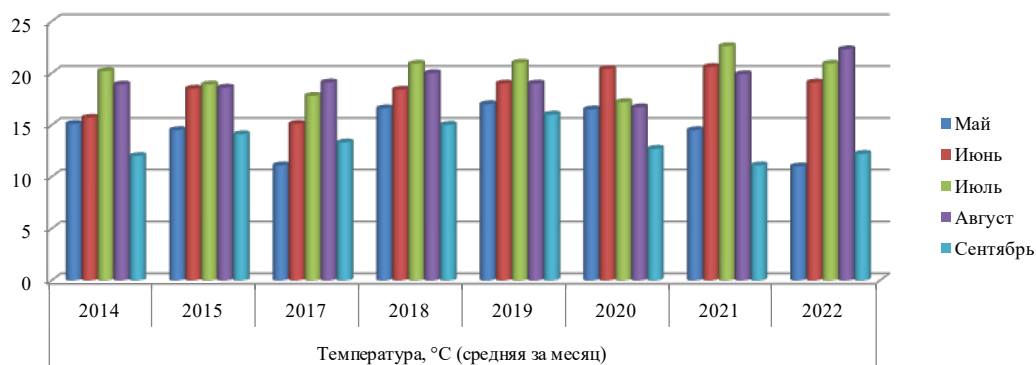


Рис. 2. Средняя месячная температура воздуха за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

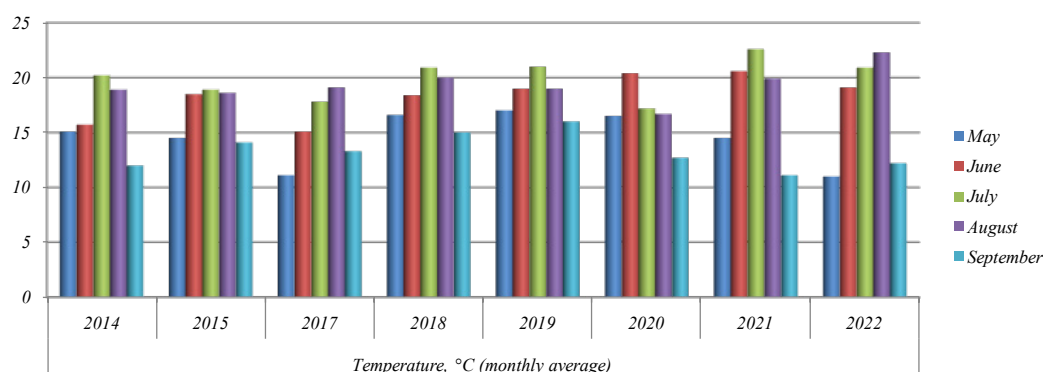


Fig. 2. Average monthly air temperature for the growing season according to the years of research (2014–2022)

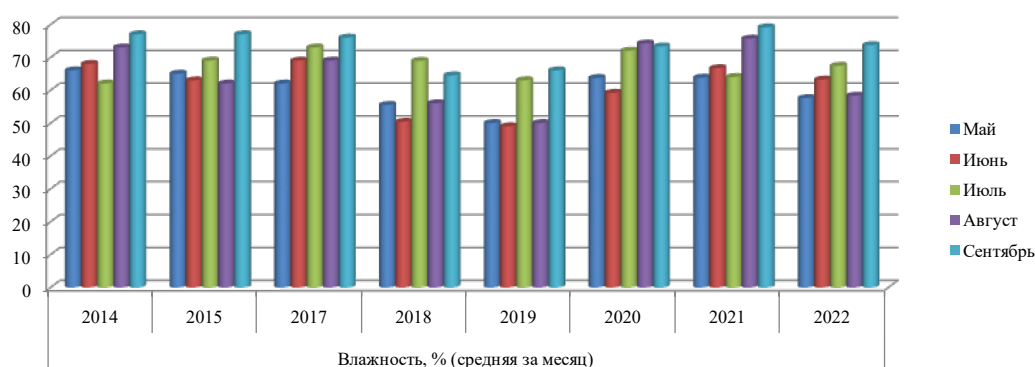


Рис. 3. Средняя месячная влажность воздуха за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

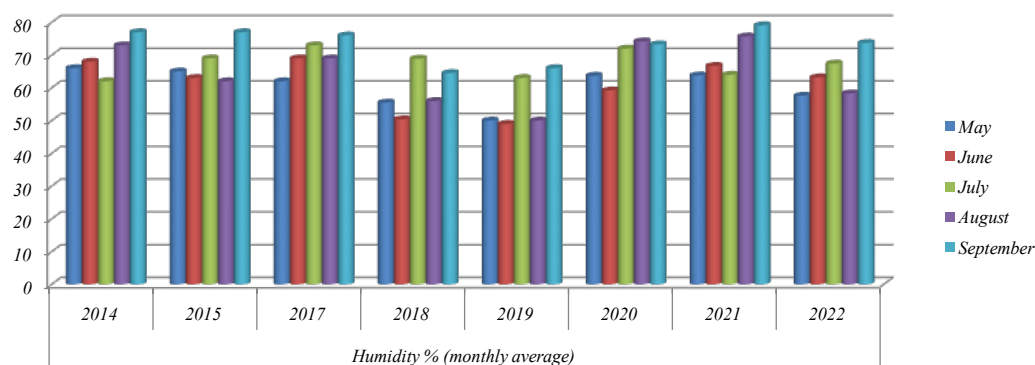


Fig. 3. Average monthly air humidity for the growing season according to the years of research (2014–2022)

Техника учета состояла в общей оценке состояния растений в пробе, в отборе пробных образцов и в их тщательном осмотре (непосредственно в полевых и в лабораторных условиях).

Также проводили оценку по сохраняемости маточного материала моркови столовой по признаку поражаемости болезнями.

Основными элементами учета болезней растений служили распространенность, степень поражения, интенсивность развития [21].

Оценку толерантности проводили по следующим методикам: «Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*)», «Методические указания по изучению и поддержанию коллекции овощных растений» [22; 23].

Определяли содержание сухого вещества методом высушивания в термостате [24].

Содержание β -каротина определяли спектрофотометрическим методом в модификации J. Oliver (2000) [25]. Сахара определяли методом Бертрона [26].

На момент проведения полевых работ в мае (посев моркови столовой 1-го года жизни) температура воздуха (в среднем за 8 лет) составляла 14 °C. В 2014, 2016, 2020, 2021 и 2022 годах осадков выпало недостаточно. После посева сразу был заложен капельный полив.

В мае 2015, 2017, 2018 и 2019 годов осадков было в среднем около 80 мм, что позволило провести посев в хорошую увлажненную почву. Данный

показатель благоприятно сказался на всходах моркови столовой. Относительная влажность воздуха была комфортная и составляла в среднем 65 %.

В июне, когда растения находятся в стадиях появления всходов (через 10–15 дней после посева), температура составляла в среднем 18 °C, осадки составили в среднем 50 мм, влажность воздуха – 60 %. Данные показатели благоприятно отразились на всходах моркови столовой.

В июле, когда у моркови образуется первый настоящий лист, повышенные температуры ускоряли рост и развитие растений (в среднем за 8 лет исследований температура составила 20 °C, осадки – 55 мм, влажность воздуха – 72 %). Благоприятная температура, осадки и влажность воздуха с середины июня и на протяжении всего июля благоприятно сказались на растениях первого и второго года жизни, за исключением 2017, 2018 и 2019 годов, когда в июле начались продолжительные дожди, как следствие этого – повышенная влажность воздуха более 75 %, но, несмотря на непогоду, температура была комфортная и составляла в среднем 19 °C. Такие агроклиматические показатели негативно отразились на толерантности, так как во второй декаде июля 2017, 2018 и 2019 годов были выявлены первые симптомы проявления болезней на листовой пластине моркови столовой. В эти годы развитие альтернариоза и фузариоза составило 45 % от общего числа изучаемых образцов на устойчивость (средний балл поражения образцов составил 2,2 балла).

Август за годы исследований имел так называемые «погодные качели». Данная характеристика включает смену температуры, ветра, влажности и осадков. Эти изменения происходили в течение нескольких минут, часов или дней, создавая непредсказуемые и динамические условия. Наименьшее количество осадков выпало в 2015 (3,0 мм), 2022 (4,5 мм) годах.

Наибольшее количество осадков было в 2017 году (60,0 мм), температурные скачки с 20 до 18 °С и большая влажность почвы негативно сказались на устойчивости растений первого года жизни, средний балл поражения образцов – 2,8. Как известно, развитие грибных болезней происходит при влажности 80 % и температуре 20 °С.

В середине **сентября** производили уборку моркови столовой первого года жизни в теплую (температура в среднем 14 °С), сухую (осадков в среднем 30 мм) и солнечную погоду, за исключением 2015 года, когда в сентябре во время начала уборки пошли обильные дожди. В этот год было очень трудно убирать корнеплоды в поле, они были замочными и очень сильно трескались. При весенней переборке было обнаружено, что в результате этого потеряно 75 % маточного материала.

В целом погодные условия 2014–2022 годов были благоприятными и одновременно экстремальными для проведения исследований в области устойчивости, а также по выявлению того, как погодные условия и устойчивость влияют на содержание каротина, сухого вещества и сахаров.

Влияние погодных условий в период 2014–2022 годов было неоднозначным: благополучные годы приводили к нормальной динамике накопления компонентов биохимического состава. Наоборот, в аномальные сезоны содержание каротина, сухого вещества и сахаров было нетипичным.

Результаты (Results)

В наших исследованиях мы попытались выявить, как агроклиматические условия года влияют на устойчивость к болезням, а также на содержание каротина, сухого вещества и сахара в корнеплодах моркови столовой.

Оценку химического состава корнеплодов линий и сортов проводили при выращивании на естественном неконтролируемом фоне в селекционном севообороте. В результате проведенных исследований была выявлена реакция линий и сортов на погодные условия Московской области (таблица 1).

Анализ результатов показывает, что погодные условия (температура и влажность воздуха, количество осадков) в период исследований в условиях Московской области несущественно влияли на изменение содержания каротина в корнеплодах линий и сортов моркови. Изменчивость данного признака (Cv) не превышает 10%.

Максимальное содержание каротина отмечено у линий 1238 П, 1238 В (18,2 мг/100 г) и сорта Ло-

синоостровская 13 (19,4 мг/100 г). Наименьшее количество каротина – у линии 690 В (15,9 мг/100 г).

Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества (коэффициенты вариации выше 10 %, но менее 20 %). Варьирование составило от 10,7 % (линия 8 В) до 12,2 % (линия 1238 П).

Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров в корнеплодах моркови. Содержание сахаров было в пределах от 6,3 % (линия 200 П) до 7,8 % (линия 1238 В).

В наших исследованиях на естественном неконтролируемом инфекционном фоне за все годы исследований по толерантности листовой пластины моркови столовой большой ущерб наносил комплекс грибных болезней, к которым относятся альтернариоз и фузариоз. Проведенный анализ толерантности в лаборатории корнеплодных культур ВНИИО указывает на изменение состава и агрессивности рас возбудителей болезней. Данный признак связан с агроэкологическими факторами года исследований: это температура, влажность и осадки. С 2018 по 2022 год отмечается резкое повышение среднесуточной температуры начиная с мая. С 2019 года осадков перед началом полевых работ и в период вегетации становится меньше, относительная влажность воздуха в среднем остается в пределах допустимого 60 % (рис. 4).

Как известно, патогены pp. *Alternaria* и *Fusarium* развиваются при повышенных температурах и высокой влажности.

В результате ежегодной оценки толерантности по признаку инфицированности листовой пластины моркови столовой выделяются новые штаммы изучаемых патогенов. Определение родовой принадлежности осуществлялось по культурально-морфологическим признакам чистых культур. В лабораторных условиях проводили оценку вновь выделенных изолятов (метод заражения дисков корнеплода), тем самым пополняется коллекция наиболее агрессивных изолятов. Наиболее агрессивные используются для дальнейшей работы по оценке исходного материала для селекции на устойчивость.

Исходя из агроклиматических факторов по годам исследований при учете устойчивости в естественных неконтролируемых условиях без искусственного заражения, выделяются наиболее неблагоприятные 2015 и 2018 годы, когда при повышенных температурах (19 °С), обильных осадках в период вегетации (особенно в июле и конце августа (от 45 мм до 66 мм) проявились первые признаки болезней, которые быстро развивались в условиях повышенной влажности. Вследствие действия этого фактора (рис. 5) балл поражения при уборке составлял в 2015 году у линий 1238В 1,6, у 1238П – 1,9. Данные линии вошли в группу средневосприимчивых (градация баллов от 1,5 до 2,4).

Таблица 1

Изменчивость основных компонентов химического состава корнеплодов моркови столовой, Московская область (2014–2022 годы)

Линия, сорт	Годы исследований	β -каротин, мг/100 г сырой массы	Cv, %	Сухое вещество, %	Cv, %	Сумма сахаров, %	Cv, %
690 В	2014, 2017, 2020	15,9	7,2	11,4	11,2	7,2	12,3
690 П	2014, 2017, 2020	16,4	6,3	12,0	12,1	7,4	12,5
8 В	2014, 2017	17,1	6,9	10,7	12,6	6,5	11,6
200 П	2014, 2017	17,3	3,9	11,0	12,9	6,3	12,0
1238 В	2015, 2017, 2021	18,2	5,6	12,1	11,6	7,8	13,2
1238 П	2015, 2017, 2021	18,2	6,4	12,2	11,1	7,7	12,5
1585 В	2015, 2017, 2021	16,7	6,5	11,3	12,9	7,1	12,4
1585 П	2015, 2017, 2021	16,8	7,1	11,5	13,2	7,2	12,2
535 В	2017, 2019, 2022	16,6	5,6	11,8	13,5	7,7	13,6
535 П	2017, 2019, 2022	16,2	5,9	11,8	13,2	7,4	13,3
661 В	2017, 2018, 2019, 2022	16,9	6,9	11,8	13,6	7,1	13,9
661 П	2017, 2018, 2019, 2022	16,8	6,5	11,5	13,0	7,2	13,7
1268	2017, 2020	16,4	6,9	11,6	12,0	7,2	12,6
Лосиноостровская 13	2015, 2018	19,4	8,9	11,8	13,1	7,2	12,9
Леандр	2017, 2021	16,8	8,7	11,6	12,8	6,9	13,4

Biology and biotechnologies

Table 1
Variability of the main components of the chemical composition of table carrot root crops, Moscow region (2014–2022)

Line, grade	Years of research	β -carotene, mg/100 g of crude mass	Cv, %	Dry matter, %	Cv, %	The sum of sugars, %	Cv, %
690 V	2014, 2017, 2020	15.9	7.2	11.4	11.2	7.2	12.3
690 P	2014, 2017, 2020	16.4	6.3	12.0	12.1	7.4	12.5
8 V	2014, 2017	17.1	6.9	10.7	12.6	6.5	11.6
200 P	2014, 2017	17.3	3.9	11.0	12.9	6.3	12.0
1238 V	2015, 2017, 2021	18.2	5.6	12.1	11.6	7.8	13.2
1238 P	2015, 2017, 2021	18.2	6.4	12.2	11.1	7.7	12.5
1585 V	2015, 2017, 2021	16.7	6.5	11.3	12.9	7.1	12.4
1585 P	2015, 2017, 2021	16.8	7.1	11.5	13.2	7.2	12.2
535 V	2017, 2019, 2022	16.6	5.6	11.8	13.5	7.7	13.6
535 P	2017, 2019, 2022	16.2	5.9	11.8	13.2	7.4	13.3
661 V	2017, 2018, 2019, 2022	16.9	6.9	11.8	13.6	7.1	13.9
661 P	2017, 2018, 2019, 2022	16.8	6.5	11.5	13.0	7.2	13.7
1268	2017, 2020	16.4	6.9	11.6	12.0	7.2	12.6
Losinoostrovskaya 13	2015, 2018	19.4	8.9	11.8	13.1	7.2	12.9
Leander	2017, 2021	16.8	8.7	11.6	12.8	6.9	13.4

Развитие болезней в этой группе составило от 41 до 60 %. Сорт Лосиноостровская 13 имел балл поражения 2,5 и входил в группу восприимчивых (градация баллов данной группы от 2,5 до 3,2). Развитие болезней составило от 61 до 80 %.

В условиях 2018 года балл поражения линий 661 В и 661 П составил соответственно 1,5 и 1,2. Сорт Лосиноостровская 13 в этот год имел поражение 2

балла, соответственно, данные образцы характеризовались как средневосприимчивые.

2017 год характеризовался минимальными осадками (в среднем за период вегетации – 50 мм), относительно невысокой влажностью (60 %) и невысокими температурами. Исследуемый материал в этот год разделился на две группы по устойчивости: слабовосприимчивые с баллом поражения по

образцам от 0,9 до 1,4 (690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 В, 535 П, 661 В, 1268 и сорт Леандр) и средневосприимчивые с градацией от 1,5 до 2,4 балла (линия 661 П).

В связи с ростом среднемесячной температуры в вегетационный период и малыми осадками, а также благодаря проводимым селекционным отборам на устойчивость в экстремальных предыдущих агро-

климатических условиях в период уборки отмечается снижение поражения патогенами селекционного материала моркови столовой.

Проведенные исследования позволили выделить ряд линий моркови столовой, которые отличались слабой восприимчивостью к поражению патогенами независимо от условий года: 690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 П, 661 В, 1268.

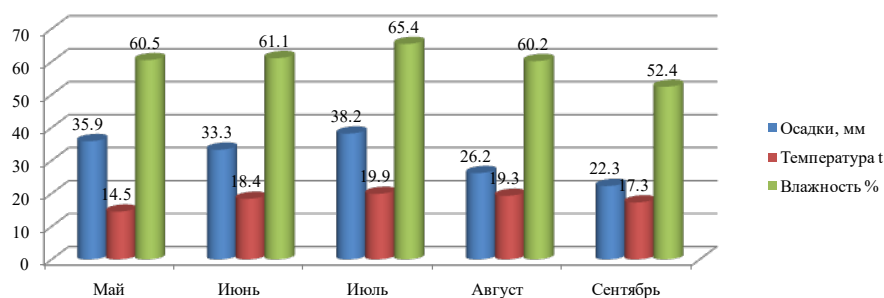


Рис. 4. Средние агроклиматические показатели в условиях Московской области за 8 лет (2014–2022)

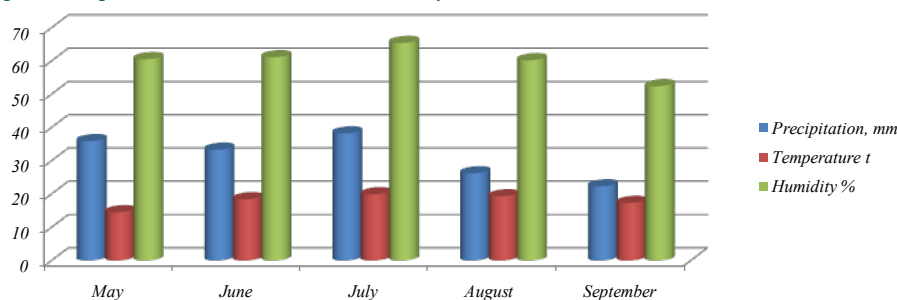


Fig. 4. Average agro-climatic indicators in the conditions of the Moscow region for 8 years (2014–2022)

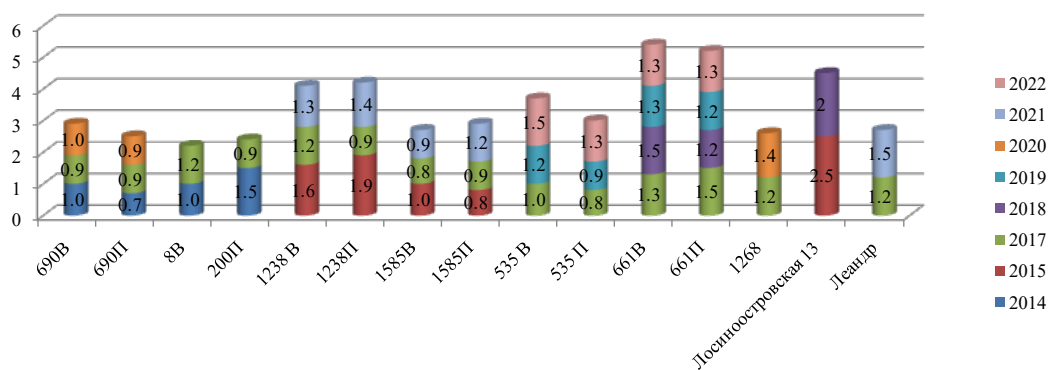


Рис. 5. Средний балл поражения листовой пластины моркови столовой на естественном фоне за 8 лет

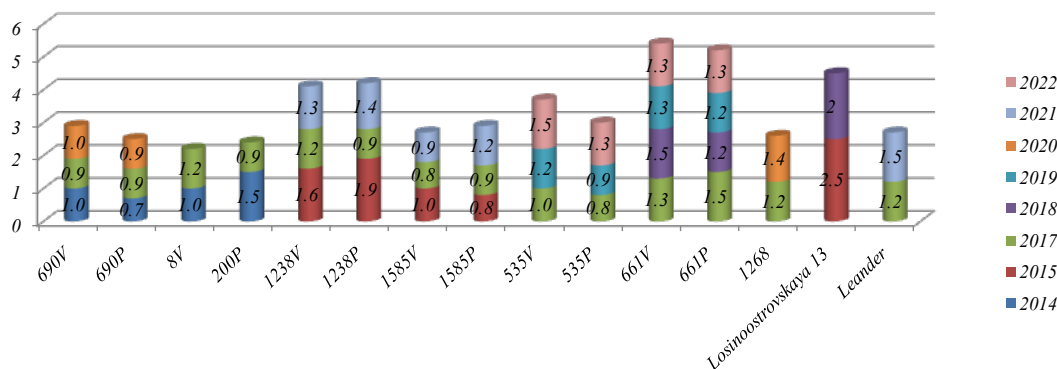


Fig. 5. The average score of damage to the leaf plate of table carrots on a natural background, over 8 years

Таблица 2

Взаимосвязь между различными признаками, связанными с биохимическим составом корнеплодов моркови и устойчивостью к патогенам, Московская область (2014–2022 годы)

Линия, сорт	Годы исследований	Сопряженные признаки					
		Сухое вещество – β -каротин	Сумма сахаров – β -каротин	Сухое вещество – сумма сахаров	Сухое вещество – устойчивость	Сумма сахаров – устойчивость	β -каротин – устойчивость
690 В	2014, 2017, 2020	0,20–0,55	0,10–0,23	0,55–0,69	0,28–0,67	0,20–0,45	0,08–0,15
690 П	2014, 2017, 2020	0,25–0,50	0,12–0,26	0,50–0,66	0,20–0,60	0,22–0,50	0,10–0,21
8 В	2014, 2017	0,20–0,53	0,11–0,20	0,54–0,68	0,22–0,45	0,18–0,47	0,06–0,19
200 П	2014, 2017	0,22–0,51	0,10–0,19	0,48–0,65	0,23–0,50	0,12–0,40	0,10–0,22
1238 В	2015, 2017, 2021	0,22–0,54	0,12–0,23	0,56–0,66	0,12–0,61	0,15–0,49	0,08–0,16
1238 П	2015, 2017, 2021	0,20–0,51	0,12–0,18	0,55–0,69	0,19–0,56	0,14–0,45	0,09–0,16
1585 В	2015, 2017, 2021	0,22–0,55	0,10–0,15	0,50–0,69	0,20–0,63	0,16–0,49	0,10–0,20
1585 П	2015, 2017, 2021	0,20–0,54	0,10–0,15	0,52–0,65	0,22–0,64	0,12–0,40	0,05–0,14
535 В	2017, 2019, 2022	0,22–0,55	0,12–0,21	0,53–0,68	0,15–0,56	0,20–0,51	0,10–0,17
535 П	2017, 2019, 2022	0,21–0,58	0,10–0,25	0,55–0,70	0,12–0,63	0,16–0,47	0,09–0,16
661 В	2017, 2018, 2019, 2022	0,21–0,48	0,14–0,18	0,52–0,68	0,20–0,48	0,15–0,48	0,05–0,10
661 П	2017, 2018, 2019, 2022	0,20–0,54	0,12–0,20	0,50–0,66	0,12–0,47	0,16–0,48	0,06–0,12
1268	2017, 2020	0,22–0,51	0,14–0,17	0,54–0,67	0,23–0,54	0,15–0,45	0,08–0,18
Лосиноостровская 13	2015, 2018	0,25–0,40	0,10–0,23	0,60–0,70	0,18–0,54	0,23–0,54	0,10–0,20
Леандр	2017, 2021	0,22–0,42	0,12–0,19	0,52–0,70	0,13–0,62	0,20–0,51	0,08–0,17

Table 2

The relationship between various signs related to the biochemical composition of carrot roots and resistance to pathogens, Moscow region (2014–2022)

Line, grade	Years of research	Related features					
		The dry substance – β -carotene	The sum of sugars – β -carotene	Dry matter – the sum of sugars	Dry matter – resistance	The sum of sugars – resistance	β -carotene – resistance
690 V	2014, 2017, 2020	0.20–0.55	0.10–0.23	0.55–0.69	0.28–0.67	0.20–0.45	0.08–0.15
690 P	2014, 2017, 2020	0.25–0.50	0.12–0.26	0.50–0.66	0.20–0.60	0.22–0.50	0.10–0.21
8 V	2014, 2017	0.20–0.53	0.11–0.20	0.54–0.68	0.22–0.45	0.18–0.47	0.06–0.19
200 P	2014, 2017	0.22–0.51	0.10–0.19	0.48–0.65	0.23–0.50	0.12–0.40	0.10–0.22
1238 V	2015, 2017, 2021	0.22–0.54	0.12–0.23	0.56–0.66	0.12–0.61	0.15–0.49	0.08–0.16
1238 P	2015, 2017, 2021	0.20–0.51	0.12–0.18	0.55–0.69	0.19–0.56	0.14–0.45	0.09–0.16
1585 V	2015, 2017, 2021	0.22–0.55	0.10–0.15	0.50–0.69	0.20–0.63	0.16–0.49	0.10–0.20
1585 P	2015, 2017, 2021	0.20–0.54	0.10–0.15	0.52–0.65	0.22–0.64	0.12–0.40	0.05–0.14
535 V	2017, 2019, 2022	0.22–0.55	0.12–0.21	0.53–0.68	0.15–0.56	0.20–0.51	0.10–0.17
535 P	2017, 2019, 2022	0.21–0.58	0.10–0.25	0.55–0.70	0.12–0.63	0.16–0.47	0.09–0.16
661 V	2017, 2018, 2019, 2022	0.21–0.48	0.14–0.18	0.52–0.68	0.20–0.48	0.15–0.48	0.05–0.10
661 P	2017, 2018, 2019, 2022	0.20–0.54	0.12–0.20	0.50–0.66	0.12–0.47	0.16–0.48	0.06–0.12
1268	2017, 2020	0.22–0.51	0.14–0.17	0.54–0.67	0.23–0.54	0.15–0.45	0.08–0.18
Losinoostrovskaya 13	2015, 2018	0.25–0.40	0.10–0.23	0.60–0.70	0.18–0.54	0.23–0.54	0.10–0.20
Leander	2017, 2021	0.22–0.42	0.12–0.19	0.52–0.70	0.13–0.62	0.20–0.51	0.08–0.17

Принято считать, что значения коэффициентов корреляции для сильной, средней и слабой зависимости двух варьирующих величин равны от 0,7 до 1; от 0,3 до 0,7 и 0 до 0,3 соответственно [21].

В результате полученных данных по толерантности в зависимости от агроклиматических условий года была рассчитана взаимосвязь между биохимическими методами и устойчивостью (таблица 2).

В ходе анализа выделены корреляции по признакам, полезным для селекционной работы по улучшению качества корнеплодов моркови столовой.

Так, установлена устойчивая средняя связь между признаками сухое вещество – сумма сахаров (0,48–0,70). Кроме того, определена стабильная слабая корреляция между признаками β -каротин – устойчивость к патогенам (0,05–0,22) и сумма сахаров – β -каротин (0,10–0,26). В основном сопряженные признаки характеризовались неустойчивой слабой и средней взаимосвязью: сухое вещество – β -каротин (0,20–0,58), сухое вещество – устойчивость к патогенам (0,12–0,67), сумма сахаров – устойчивость к патогенам (0,12–0,54). Высоких коэффициентов корреляции (более 0,70) между искомыми критериями получить не удалось.

Слабые коэффициенты корреляции между содержанием сухого вещества, суммы сахаров, β -каротина и устойчивостью к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* для линий и сортов моркови столовой не позволили использовать связь между ними в качестве прогнозирующей характеристики на повышение устойчивости.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Погодные условия периода исследований в условиях Московской области несущественно влияли на изменение содержания каротина в корнеплодах линий и сортов моркови. Изменчивость данного признака (а точнее, коэффициенты вариации) не превышают 10 %.

Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества (коэффициенты вариации выше 10 %, но менее 20 %).

Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров в корнеплодах моркови. Содержание сахаров было в пределах 6,3–7,8 %.

Установлена устойчивая средняя связь между признаками сухое вещество – сумма сахаров (0,48–0,70). Выявлена стабильная слабая корреляция между признаками β -каротин – устойчивость к патогенам (0,05–0,22) и сумма сахаров – β -каротин (0,10–0,26).

Сопряженные признаки характеризовались неустойчивой слабой и средней взаимосвязью: сухое вещество – β -каротин (0,20–0,58), сухое вещество – устойчивость к патогенам (0,12–0,67), сумма сахаров – устойчивость к патогенам (0,12–0,54). Высоких коэффициентов корреляции (более 0,70) между искомыми критериями получить не удалось.

Таким образом, использование отбора при работе с оригинальным материалом линий и сортов-популяций не выявил роста устойчивости корнеплодов к основным патогенам. Не отмечено значительных изменений в содержании основных компонентов биохимического состава корнеплодов моркови столовой.

Необходимо в селекционной работе при создании нового линейного материала отбирать образцы, которые не только характеризуются высоким гетерозисным эффектом по урожайным признакам, но и имеют высокую устойчивость к поражению патогенами, высокие показатели содержания элементов химического состава.

Библиографический список

1. Леунов В. И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур // Картофель и овощи. 2017. № 10. С. 6–9.
2. Nazarov P. A., Baleev D. N., Ivanova M. I., Sokolova L. M., Karakozova M. V. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection // Acta Naturae. 2020. Vol. 12. Pp. 46–59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026.
3. Schumann G. L., D'Arcy C. J. Essential plant pathology. Minnesota, USA: APS Press, 2006. 338 p.
4. Jones D. G., Dangl L. The plant immune system // Acta Naturae. 2006. Vol. 444. Pp. 323–329.
5. Schreiber K., Desveaux D. Message in a bottle: Chemical biology of induced disease resistance in plants // Plant Pathology Journal. 2008. Vol. 24. Pp. 245–268.
6. Spoel S. H., Dong X. How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells // Nature Reviews Immunology. 2012. Vol. 12. Pp. 89–100.
7. Muthamilarasan M., Prasad M. Plant innate immunity: An updated insight into defense mechanism // Journal of Biosciences. 2013. Vol. 38. Pp. 433–449.
8. Douglas A. E. Strategies for enhanced crop resistance to insect pests // Annual Review of Plant Biology. 2018. Vol. 69. Pp. 637–660.
9. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops // Nature Ecology and Evolution. 2019. Vol. 3. Pp. 430–439.
10. Savary S., Willocquet L. Modeling the impact of crop diseases on global food security // Annual Review of Phytopathology. 2020. Vol. 8. Pp. 313–341. DOI: 10.1146/annurev-phyto-010820-012856.
11. Fontana D. C., de Paula S., Torres A. G., de Souza V. H. M., Pascholati S. F., Schmidt D., Dourado Neto D. Endophytic fungi: Biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses // Pathogens. 2021. Vol. 10. Article number 570. DOI: 10.3390/pathogens10050570.

12. Castle S., Palumbo J., Prabhaker N. Newer insecticides for plant virus disease management // *Virus Research*. 2009. Vol. 141. Pp. 131–139.
13. Dababat A., Imren M., Erginbas-Orakci G., Ashrafi S., Yavuzaslanoglu E., Toktay H., Pariyar S.R., Elekcioğlu H.I., Morgounov A., Mekete T. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Turkey // *Euphytica*. 2015. Vol. 202. Pp. 173–188.
14. Соколова Л. М. Проявление фузариоза на овощных культурах // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2019. № 2 (12). С. 42–47. DOI: 10.24888/2541-7835-2019-12-42-47.
15. Соколова Л. М. Влияние погодных условий на распространенность болезней и устойчивость моркови столовой // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 4 (174). С. 21–26.
16. Соколова Л. М., Балашова И. Т. Наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови // *Овощи России*. 2023. № 3. С. 79–87. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-79-87.
17. Wendt Th. Bodentemperatur bei Gemusekulturen // *Gemuse*. 1979. Bd. 15. Hf. 9.
18. Кузлякина В. М., Зайцев А. М. Влияние удобрений и агротехники на качество овощей // *Сельское хозяйство за рубежом*. 1975. № 10. С. 25.
19. Сазонова Л. В. Корнеплодные растения родов: *Raphanus* L., *Daucus* L., *Apium* L. *Petroselinum* Hill, *Pastinaca* L. (классификация, экология, селекция и семеноводство): автореф. дис. ... д-ра с/х наук. Ленинград, 1983. 32 с.
20. Кравцова М. В., Андрющенко В. К., Стрельникова Т. Р. Селекция столовой моркови на продуктивность и качество. Кишинев: Штиинца, 1991. 254 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Колос, 1985. 351 с.
22. Леунов В. И., Ховрин А. Н., Терешонкова Т. А., Соколова Л. М., Горшкова Н. С., Алексеева К. Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*): методические рекомендации. Москва, 2011. 61 с.
23. Соколова Л. М. Система селекционно-иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. с комплексом хозяйственно ценных признаков: дис. ... д-ра с/х наук. Одинцово, 2021. 321 с.
24. Мурашев С. В., Ишевский А. Л., Уварова Н. А. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах: методические указания к лабораторным работам для студентов. Санкт-Петербург: СПб ГУНиПТ, 2007. 24 с.
25. Oliver J., Palou A. Chromatographic determination of carotenoids in foods // *Journal of Chromatography*. 2000. Vol. 881. Pp. 543–555.
26. Иванова Е. В., Романова Н. В., Солнцева О. И. Технохимический контроль сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки: учебное пособие. Смоленск: Смоленская ГСХА, 2023. 320 с.

Об авторах:

Александр Владимирович Корнев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0003-1373-3302, AuthorID 795017. E-mail: alexandrvg@gmail.com

Владимир Иванович Леунов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный редактор, журнал «Картофель и овощи», д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-9445-5636, AuthorID 367561. E-mail: vileunov@mail.ru

Любовь Михайловна Соколова, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-6223-4767, AuthorID 790697. E-mail: lsokolova74@mail.ru

Александр Николаевич Ховрин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0003-4297-2687, AuthorID 466874. E-mail: hovrin@poiskseeds.ru

References

1. Leunov V. I. Trends in breeding and seed production of vegetable root crops. *Potatoes and Vegetables*. 2017; 10: 6–9. (In Russ.)
2. Nazarov P. A., Baleev D. N., Ivanova M. I., Sokolova L. M., Karakozova M. V. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection. *Acta Naturae*. 2020; 12: 46–59.
3. Schumann G. L., D'Arcy C. J. *Essential plant pathology*. Minnesota, USA: APS Press, 2006. 338 p.
4. Jones D. G., Dangl L. The plant immune system. *Acta Naturae*. 2006; 444: 323–329.
5. Schreiber K., Desveaux D. Message in a bottle: chemical biology of induced disease resistance in plants. *Plant Pathology Journal*. 2008; 24: 245–268.
6. Spoel S. H., Dong X. How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells. *Nature Reviews Immunology*. 2012; 12: 89–100.
7. Muthamilarasan M., Prasad M. Plant innate immunity: an updated insight into defense mechanism. *Journal of Biosciences*. 2013; 38: 433–449.
8. Douglas A. E. Strategies for enhanced crop resistance to insect pests. *Annual Review of Plant Biology*. 2018; 69: 637–660.
9. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*. 2019; 3: 430–439.
10. Savary S., Willocquet L. Modeling the impact of crop diseases on global food security. *Annual Review of Phytopathology*. 2020; 8: 313–341. DOI: 10.1146/annurev-phyto-010820-012856.
11. Fontana D. C., de Paula S., Torres A. G., de Souza V. H. M., Pascholati S. F., Schmidt D., Dourado Neto D. Endophytic fungi: Biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens*. 2021; 10: 570. DOI: 10.3390/pathogens10050570.
12. Castle S., Palumbo J., Prabhaker N. Newer insecticides for plant virus disease management. *Virus Research*. 2009; 141: 131–139.
13. Dababat A., Imren M., Erginbas-Orakci G., Ashrafi S., Yavuzaslanoglu E., Toktay H., Pariyar S. R., Elekcioglu H. I., Morgounov A., Mekete T. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Turkey. *Euphytica*. 2015; 202: 173–188.
14. Sokolova L. M. The manifestation of fusarium wilt on vegetable crops. *Agro-Industrial Technologies of Central Russia*. 2019; 2 (12): 42–47. DOI: 10.24888/2541-7835-2019-12-42-47. (In Russ.)
15. Sokolova L. M. The influence of weather conditions on the extension of diseases and resistance of garden carrots. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2019; 4 (174): 21–26. (In Russ.)
16. Sokolova L. M., Balashova I. T. Heritability of tolerance to pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by carrot hybrids. *Vegetable Crops of Russia*. 2023; 3: 79–87. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-79-87. (In Russ.)
17. Wendt Th. Bodentemperatur bei Gemüsekulturen. *Gemüse*. 1979; 15: 9. (In Germ.)
18. Kuzlyakina V. M., Zaytsev A. M. The influence of fertilizers and agrotechnics on the quality of vegetables. *Agriculture Abroad*. 1975; 10: 25. (In Russ.)
19. Sazonova L. V. Root-bearing plants of the genera: *Raphanus* L., *Daucus* L., *Apium* L., *Petroselinum* Hill., *Pastinaca* L. (classification, ecology, breeding and seed production): abstract of the dissertation ... doctor of agricultural sciences. Leningrad, 1983. 32 p. (In Russ.)
20. Kravtsova M. V., Andryushchenko V. K., Strelnikova T. R. *Selection of table carrots for productivity and quality*. Chisinau: Stiinza, 1991. 254 p. (In Russ.)
21. Dospekhov B. A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Kolos, 1985. 351 p. (In Russ.)
22. Leunov V. I., Khovrin A. N., Tereshonkova T. A., Sokolova L. M., Gorshkova N. S., Alekseeva K. L. Methods of accelerated selection of table carrots for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*): methodological recommendations. Moscow, 2011. 61 p. (In Russ.)
23. Sokolova L. M. System of selection and immunological methods for creating varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. with a complex of economically valuable features: abstract of the dissertation ... doctor of agricultural sciences. Odintsovo, 2021. 321 p. (In Russ.)
24. Murashev S. V., Ishevskiy A. L., Uvarova N. A. Determination of water and solids content in food products: guidelines for laboratory work for students. Saint Petersburg: SPb GUNiPT, 2007. 24 p. (In Russ.)
25. Oliver J., Palou A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. *Journal of Chromatography*. 2000; 881: 543–555.
26. Ivanova E. V., Romanova N. V., Solntseva O. I. *Technochemical control of agricultural raw materials and products of its processing*: a textbook. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, 2023. 320 p. (In Russ.)

Authors' information:

Aleksandr V. Kornev, candidate of agricultural sciences, senior researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0003-1373-3302, AuthorID 795017. *E-mail: alexandrvg@gmail.com*

Vladimir I. Leunov, doctor of agricultural sciences, professor, chief editor, the journal “Potatoes and Vegetables”; ORCID 0000-0001-9445-5636, AuthorID 367561. *E-mail: vileunov@mail.ru*

Lyubov M. Sokolova, doctor of agricultural sciences, leading researcher at the department of breeding and seed production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0001-6223-4767, AuthorID 790697. *E-mail: lsokolova74@mail.ru*

Aleksandr N. Khovrin, candidate of agricultural sciences, associate professor, chief researcher, head of the department of breeding and seed production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0003-4297-2687, AuthorID 466874. *E-mail: hovrin@poiskseeds.ru*