

Зависимость вредоносности столбура от обеспеченности элементами питания растений томатов

М. А. Кимов¹, Л. М. Хромова^{✉1}, М. И. Анчёков¹, Д. А. Кимова²

¹Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

²Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Ногмова, 73

Аннотация. Агроэкологическая оценка почвенно-климатических условий в системе земледелия республики важна для получения стабильного урожая плодов томата.

Цель исследования – определение зависимости вредоносности столбура томатов от обеспеченности элементами питания.

Материалы и методы. В результате многолетних исследований выявлено, что метод функциональной диагностики в сочетании с другими методами – визуальным, микроскопированием, биологическим – повышает результативность борьбы с возбудителем столбура томатов. Своевременное проведение некорневых подкормок повышает устойчивость к возбудителю столбура, одновременно улучшает режим питания как результат активизации биохимических процессов растений томатов. На посевах и/или посадках томата экспресс-методом проводится функциональная диагностика обеспеченности элементами питания листьев, а 2-3-кратная листовая подкормка с интервалом 7–10 дней своевременно корректирует режим питания, тем самым повышается иммунитет растений к столбуру. Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) – злостный сорняк посевов и/или посадок томата и является резерватом цикадок – переносчиков инфекции столбура.

Результаты. Детальное изучение рисунков 1–3 по принципу недостатка/обеспеченности здорового или больного растения томата и вьюнка полевого элементами питания выявило, что тем самым повышается степень устойчивости растений томатов к столбуру. По результатам проведенных исследований можно отметить, что поглощающая активность молодых листьев томата макро- и микроэлементов, таких как фосфор, цинк и йод, высокая. Это указывает на необходимость проведения опрыскивания с фазы образования первых бутонов до массового сбора плодов с интервалом 10–15 дней 3–4 раза отдельно быстрорастворимыми комплексными удобрениями с высоким содержанием фосфора и цинка. Опрыскивание Фармойодом в концентрации 0,05 % раствора следует проводить в предвечернее время с расходом рабочей жидкости от 400 до 600 л/га в зависимости от фенофазы томата и частоты встречаемости больных столбуром растений томата.

Заключение. Выявлена зависимость обеспеченности элементами питания листьев от почвенно-климатических условий возделывания томата. В период активной вегетации растений томата кратное отрицательное отклонение элементов питания от нормы способствовало повышению частоты встречаемости столбура томатов в среднем от 8,4 до 60,5 %.

Ключевые слова: томат, элементы питания, столбур томатов, вьюнок полевой, функциональная диагностика, обеспеченность элементами питания, листовая подкормка, быстрорастворимые комплексные удобрения

Поступила 26.05.2026, одобрена после рецензирования 11.06.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Кимов М. А., Хромова Л. М., Анчёков М. И., Кимова Д. А. Зависимость вредоносности столбура от обеспеченности элементами питания растений томатов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 97–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-97-105

Original article

Dependence of stolbur harmfulness on the nutrient supply of tomato plants

M.A. Kimov¹, L.M. Khromova^{✉1}, M.I. Anchekov¹, D.A. Kimova²

¹Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

²Institute of Agriculture –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
73, Nogmova street, Nalchik, 360004, Russia

Abstract. Agroecological assessment of soil and climatic conditions within the regional farming system is essential for obtaining stable tomato fruit yields.

Aim. The objective of this study is to evaluate how tomato stolbur disease severity depends on the plant mineral nutrition status.

Materials and methods. As a result of multi-year research, it was found that the functional diagnostic method, in combination with visual, microscopy, and biological techniques, enhances the efficacy of managing the tomato stolbur disease pathogen. The timely application of foliar feeding enhances resistance to the stolbur pathogen and simultaneously improves plant nutrient status, resulting from the activation of biochemical processes in tomatoes. An express method is used to perform functional diagnostics of leaf nutrient supply in tomato crops, while a 2–3-fold foliar fertilization at 7–10 day intervals provide timely adjustments to the nutrient regime, thereby enhancing plant immunity to stolbur. Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) is a noxious weed affecting tomato plantings and acts as a reservoir host for leafhoppers that vector the stolbur disease.

Results. A detailed study of Figures 1–3 based on the nutrient deficiencies/supplies of healthy or diseased tomato plants and field bindweed increased tomato plant resistance to stolbur. The research results indicate that young tomato leaves exhibit a high uptake activity for macro- and microelements, particularly phosphorus, zinc, and iodine. This suggests the necessity of conducting foliar spraying 3–4 times between the first budding phase and mass fruit harvest at intervals of 10–15 days, using separate applications of water-soluble complex fertilizers rich in phosphorus and zinc. Spraying with a 0.05% Pharmaiod solution should be performed in the late afternoon with a working liquid consumption of 400 to 600 L/ha, depending on the tomato phenophase and the incidence of stolbur-infected tomato plants.

Conclusion. A dependence of leaf nutrient supply on the soil and climatic conditions of tomato cultivation was revealed. During the active growth period of tomato plants, a fold negative deviation in nutrients from optimum levels contributed to a rise in stolbur disease incidence, ranging on average from 8.4% to 60.5%.

Keywords: tomato, nutrients, tomato stolbur, field bindweed, functional diagnostics, nutrient supply, foliar feeding, fast-dissolving complex fertilizers

Submitted 26.05.2026, approved after reviewing 11.06.2026, accepted for publication 07.08.2026

For citation. Kimov M.A., Khromova L.M., Anchekov M.I., Kimova D.A. Dependence of stolbur harmfulness on the nutrient supply of tomato plants. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 97–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-97-105

© Kimov M.A., Khromova L.M., Anchekov M.I., Kimova D.A., 2026



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ВВЕДЕНИЕ

Оценка фотохимической активности хлоропластов растений томатов является важным методом функциональной диагностики, проводят ее с помощью мини-лаборатории «Аквадонис».

Целью исследований является изучение особенности обеспеченности элементами питания листьев томата в открытом грунте с последующей корректировкой режима питания больных столбуром растений в период активного плодообразования.

Главной задачей этого метода является определение содержания элементов питания в растении с последующим выявлением потребности в них на каждом этапе органогенеза.

Актуальность работы заключается в определении обеспеченности растений томата элементами питания от существующей нормы, что позволит снизить вредоносность столбура томата. В дальнейшем это позволит найти причину массового проявления данного заболевания по обеспеченности листьев необходимыми элементами питания. Столбур вызывает эпифитотию до 80 % при благоприятных для развития данной болезни погоде и режиме питания.

Аналогичные исследования разных авторов по данной проблематике в российских и зарубежных изданиях нами не обнаружены.

Условия, материалы и методы исследований

Предгорная природно-климатическая зона простирается вдоль федеральной автодороги «Кавказ». В эту зону включены восточная и центральная части республики, расположенные в поясе предгорной степи и лесостепи. Основу почвенного покрова образуют черноземы карбонатные, слабовыщелоченные (типичные) и серые лесостепные почвы. Содержание азота – 0,25–0,35 %, что составляет 5–6 % общего гумуса [1–3].

Весна наступает в начале 2-й декады марта. Осадков весной выпадает 100–110 мм, а летом 360 мм, сумма эффективных температур выше +10 °C накапливается 3183 °C, гидротермический коэффициент составляет менее 0,9. В предгорной зоне значительные площади отведены под овощные культуры и сады [4].

Опыты закладывались в 2021–2023 гг. на томатных плантациях в трех сельских поселениях предгорной зоны с разными группами почв. Расчет частоты встречаемости больных столбуром растений проводили по формуле: $P = (n \cdot 100)/N$ [5, 6].

Для проведения полевых опытов и лабораторных исследований были использованы макро- и микроудобрения: аммофос, мочевины, сульфат калия, сульфат цинка, борная кислота, сульфат меди и регулятор роста из гуминовых кислот.

Вьюнок полевой (*C. arvensis* L.) является резерватом нимф, а иногда и имаго некоторых видов цикадок семейства Cicadellidae – переносчиков фитоплазмы столбура [7, 8].

Авторы изобретения мини-лаборатории «Аквадонис» считают: если активность питания повысилась по сравнению с контролем, то растение испытывает дефицит этого элемента; если активность снизилась, то элемент находится в избытке; если активность не изменилась, то концентрация элемента оптимальна.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В последние годы определение и корректировка режима питания способствовали улучшению иммунитета растений, что позволило повысить устойчивость ко многим заболеваниям, в том числе и к столбуру томатов.

Сельское поселение Баксаненок характеризуется слабовыщелоченной (типичной) группой почв. На рисунке 1 основной элемент питания – азот, на посевах томата был в избытке и составил 600 % от нормы обеспеченности, но в процессе активного питания в первой половине вегетации снизился до – 97,6 % от нормы. Другой основной элемент питания – фосфор – имел отрицательное значение как у здоровых (–100 %), так и у больных растений томата (–150 %), что указывает на выраженный его дефицит. Поэтому проведение 2-3-кратной листовой подкормки с фенофазы завязывания первой кисти растений томата одним из

быстрорастворимых комплексных удобрений (Мастер, Еврохим, Акварин, Кристалон и др.) марки 13:40:13 или Платафол (Плантофид) марки 10:54:10 возместит потребность растений томата в фосфоре.

Наличие обменного калия в виде соединения KCl наглядно показано на рисунке 1: здоровые растения содержат 356 % от нормы, а у больных столбуром растений его содержание ниже нормы (–650 %). Такая же закономерность наблюдается по содержанию Ca в здоровых растениях (266,7 %), а у больных столбуром –150 % от нормы. В связи с чем листовая подкормка в виде Кальбит С стала необходимостью.

Микроэлементы Cu, Mn, Fe содержатся у здоровых растений томата выше нормы. У здоровых растений элементы питания B и Zn в дефиците (–400 % и –300 % соответственно), а у больных растений содержание B составляет –66,7 %, но Zn +100 % нормы, что указывает на активность его поглощения.

Из-за незначительного содержания Mg у здоровых (–400 %) и больных (–35 %) столбуром растений томаты имеют розово-красный оттенок, что характеризует их восприимчивость к данному заболеванию, на них заметны признаки магниевое голодания, поэтому проводили двукратную листовую подкормку Брексилон или Хелатом Mg. Содержание Mo, Co, I соответствует норме, в связи с чем некорневая подкормка указанными элементами питания не проводилась.

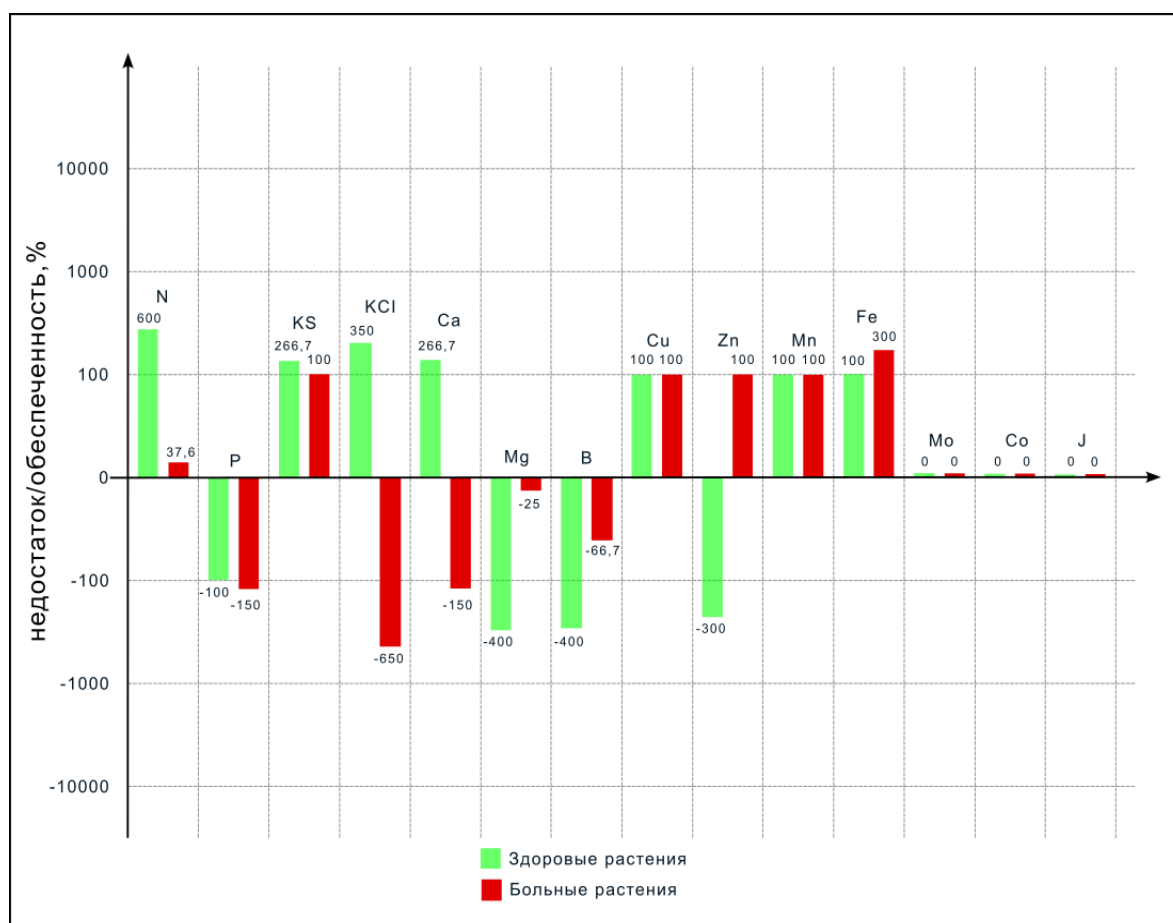


Рис. 1. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев томата (КБР, с.п. Баксаненок, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 1. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in tomato leaves (Baksanenok village, KBR, Rio Grande variety, 2021–2023)

На основании вышеизложенного следует провести листовую подкормку быстрорастворимым комплексным удобрением, содержащим большие дозы N, P, KCl и Mg. Недостаток Zn как микроэлемента питания следует возмещать Брексиллом Zn или Хелатом Zn. Активность поглощения В повышают с помощью листовой подкормки Бороплюсом или борной кислотой. Такие опрыскивания растений томата проводят 2–3 раза в начале проявления столбура из-за плохой обеспеченности необходимыми элементами питания согласно результатам экспресс-анализа.

Вторым сельским поселением, где проводили функциональную диагностику по обеспеченности элементами питания здоровых и больных столбуром растений томата, является с.п. Герменчик Урванского района. Герменчик мы выбрали из-за того, что там близкое залегание грунтовых вод, чтобы выявить негативное влияние солевых растворов на процесс питания растений томатов и частоту встречаемости столбура.

При проведении функциональной диагностики листьев томата цифровые данные рисунка 2 указывают на выраженное отклонение от нормы обеспеченности основными элементами питания. Например, в здоровых растениях азот содержится выше нормы и равен 100 %, а в больных растениях –150 % от нормы. Обеспеченность фосфором в здоровых и больных листьях растений томата имела отрицательные значения: –160 % и –25 % от нормы соответственно. Обеспеченность микроэлементами Zn (–300 %) и Co (–100 %) на листьях больных растений томатов была ниже нормы и соответствовала указанным значениям.

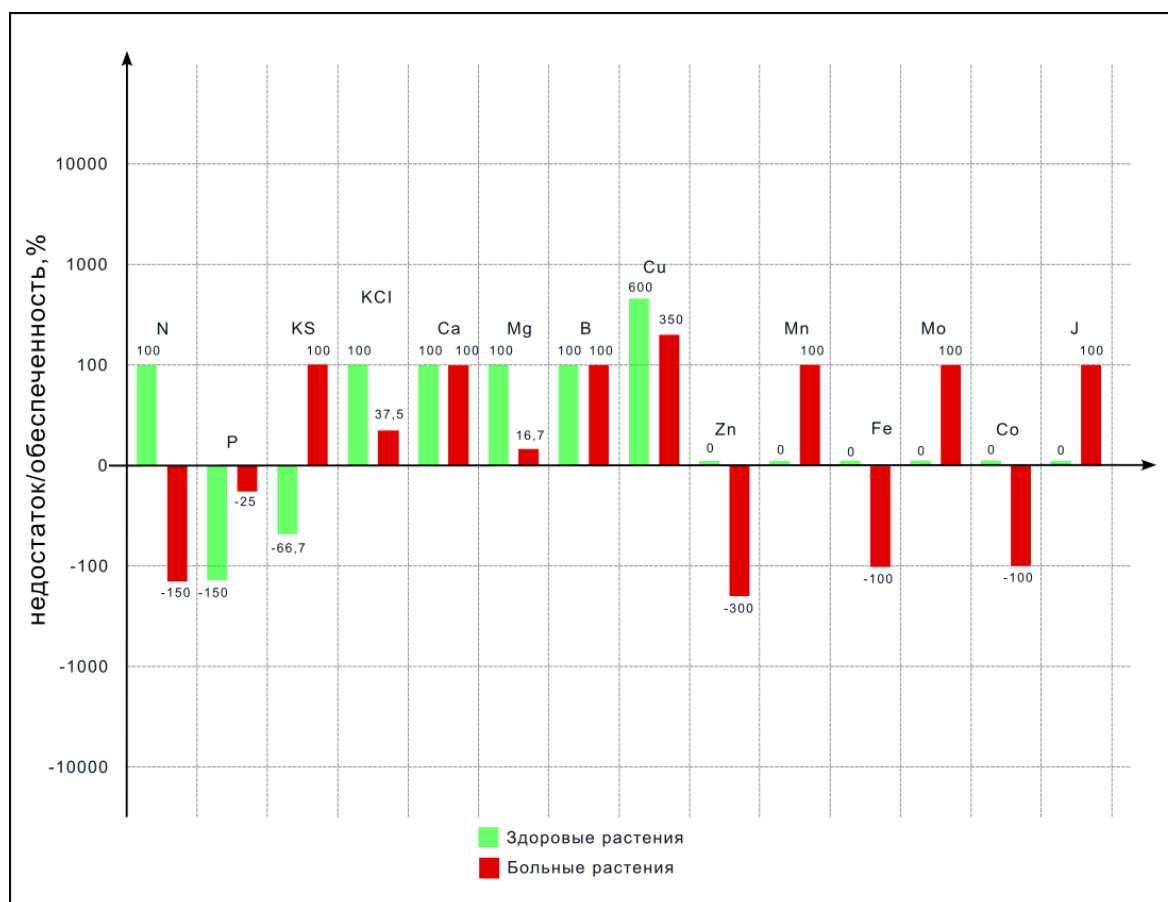


Рис. 2. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев томата (КБР, с.п. Герменчик, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 2. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in tomato leaves (Germenchik village, KBR, Rio Grande variety, 2021–2023)

Обобщая данные рисунка 2, можно отметить, что на посевах и/или посадках томатов с такими показателями обеспеченности элементами питания следует проводить двукратное опрыскивание азотно-фосфорными удобрениями. Листовые подкормки необходимо проводить Брексиллом или Хелатом Zn 2–3 раза с интервалом 7–10 дней, что снизит вредоносность столбура.

Известно, что цинк необходим в процессах роста, синтеза хлорофилла, образования плодов и для повышения урожайности. Избыточное использование азотных, фосфорных и органических удобрений вызывает цинковое голодание. В почве содержание Zn ниже потребности растений томата, и при этом он медленно поглощается. На основании этого для повышения урожайности сортов и гибридов томата с длинным периодом сбора и высоким потенциалом урожайности следует проводить многократную подкормку с началом появления бутонов.

Согласно проведенным исследованиям по внешним признакам пораженности выюнок полевой считается индикатором данного заболевания. Поэтому определение режима питания здоровых и больных столбуром растений выюнка полевой является сигнальным признаком массового распространения данного заболевания в сухую и жаркую погоду. На рисунке 3 наглядно показаны результаты анализа здоровых и больных растений выюнка полевой в с.п. Псыкод Урванского района Кабардино-Балкарской Республики. Сравнительную оценку обеспеченности элементами питания выюнка полевой проводили во второй декаде июня.

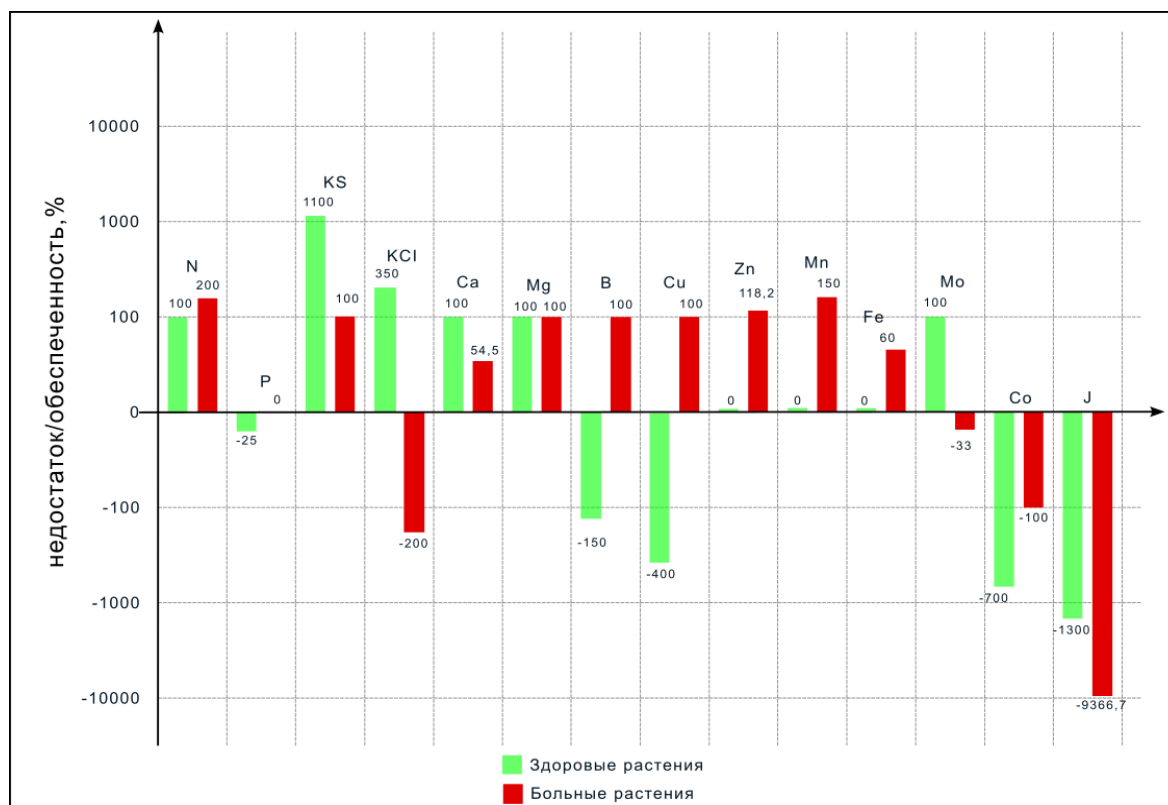


Рис. 3. Сравнительная оценка недостатка/обеспеченности элементами питания листьев выюнка полевой (КБР, с.п. Псыкод, сорт Рио-Гранде, 2021–2023 гг.)

Fig. 3. Comparative assessment of nutrient deficiency/sufficiency in field bindweed leaves (Psykod village, KBR, in Rio Grande tomato crops, 2021–2023)

Больной столбуром выюнок полевой испытывает недостаток таких элементов питания, как KCl, Mo, Co, I, но при этом обеспечены N, KS, Ca, Mg. У здоровых растений оптимальную концентрацию имели следующие элементы питания: P, Cu, Zn, Mn, Fe. На больных растениях выюнка отмечается активное питание: N, KS, Mg, B, Zn, Mn и Fe.

Таким образом, на рисунке 3 показано, что здоровый выюнок полевой испытывает недостаток таких элементов питания, как P, B, Cu, Co, I, а больные столбуром растения выюнка – KCl, Mo, Co и I.

На основании данных рисунков 1–3 установлено, что все здоровые растения ощущают недостаток фосфора (P). В избытке находятся элементы питания B, Cu, Zn. В оптимальном состоянии находятся такие элементы питания, как P, Ca, Mg, Mo.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлена зависимость обеспеченности элементами питания листьев от почвенно-климатических условий возделывания томата.

2. Проведена сравнительная оценка обеспеченности элементами питания здоровых и больных столбуром растений томата и выюнка полевого. У здоровых растений азот выше нормы и составляет 100–600 %, а у больных растений ниже нормы (–97,6 % и –150 %). Такая же закономерность наблюдается по содержанию P, Zn, B и I.

3. На основании данных функциональной диагностики листьев томата можно откорректировать питание необходимыми макро- и микроэлементами.

4. В период активной вегетации растений томата кратное отрицательное отклонение элементов питания от нормы способствовало повышению частоты встречаемости столбура томатов в среднем от 8,4 до 60,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А. Л., Молчанов Э. Н., Жекамухов М. Х. и др. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Принт Центр, 2022. С. 35–38. EDN: VBVDUY
2. Малкандуев Х. А., Малкандуева А. Х., Тарчоков Х. Ш. и др. Агротехнологии нового поколения в адаптивно-ландшафтной системе земледелия для различных природно-климатических зон Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Принт Центр, 2020. С. 15–20. EDN: FIIFIJ
3. Шеуджен А. Х., Бондорева Т. Н., Хурум Х. Д. и др. Содержание и формы соединений цинка в черноземе выщелоченном западного Предкавказья в условиях агрогенеза // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 51. С. 38–42. EDN: TKVAUT
4. Кешева А. Т. Микроэлементы в овощеводстве, виноградарстве и садоводстве КБ АССР / Под ред. акад. П. А. Власюка. Нальчик: Эльбрус, 1971. С. 1–9.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.
6. Шутко А. П., Тутуржанс Л. В. Фитосанитарная диагностика болезней растений. Ставрополь, 2018. С. 13–15.
7. Хромова Л. М. Интегрированная система защиты томата от вредных организмов на юге России. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2015. С. 78–83.
8. Ахатов А. К. Мир томата глазами фитопатолога. М.: ОАО «Московская типография № 2», 2010. С. 172–174.

REFERENCES

1. Ivanov A.L., Molchanov E.N., Zhekamukhov M.Kh. et al. *Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [Adaptive landscape farming systems of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: Print Center, 2022. Pp. 35–38. EDN: FIIFIJ. (In Russian)

2. Malkanduev Kh.A., Malkandueva A.Kh., Tarchokov Kh.Sh. et al. *Agrotekhnologii novogo pokoleniya v adaptivno-landshaftnoy sisteme zemledeliya dlya razlichnykh prirodno-klimaticheskikh zon Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [New generation agricultural technologies in the adaptive-landscape farming system for various natural and climatic zones of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: Print Center, 2020. Pp. 15–20. EDN: FIIFIJ. (In Russian)
3. Sheudzhen A.Kh., Bondoreva T.N., Khurum Kh.D. et al. Content and forms of zinc compounds in the leached black soil of western Ciscaucasia under agrogenesis. *Works of the Kuban State Agrarian University*. 2014. No. 51. Pp. 38–42. EDN: TKVAUT. (In Russian)
4. Kesheva A.T. Microelements in vegetable growing, viticulture and horticulture of the KB ASSR / Ed. by academician P.A. Vlasyuk. Nalchik: El'brus, 1971. Pp. 1–9. (In Russian)
5. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th ed., reprinted from the 5th ed., 1985. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian)
6. Shutko A.P., Taturzhans L.V. *Fitosanitarnaya diagnostika bolezney rasteniy* [Phytosanitary diagnostics of plant diseases Stavropol']. *Stavropol'*, 2018. Pp. 13–15. (In Russian)
7. Khromova L.M. *Integrirovannaya sistema zashchity tomata ot vrednykh organizmov na yuge Rossii* [Integrated system of tomato protection from pests in the south of Russia]. Nalchik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovykh, 2015. Pp. 78–83. (In Russian)
8. Akhatov A.K. *Mir tomata glazami fitopatologa* [The world of tomato through the eyes of a phytopathologist]. Moscow: Moskovskaya tipografiya № 2, 2010. Pp. 172–174. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов:

Кимов М. А. и Кимова Д. А. – провели учет частоты встречаемости столбура томатов в течение 2021–2023 гг. на экспериментальных участках с.п. Баксаненок, Герменчик, Псыкод. Доставляли образцы листьев для проведения функциональной диагностики содержания элементов питания у здоровых и больных растений томата этих участков в течение трех лет;

Анчёков М. И. – составил сравнительную оценку содержания элементов питания в здоровых и больных листьях томата в с.п. Баксаненок, Герменчик и Псыкод в течение трех лет. На основании данных функциональной диагностики установил среднее значение содержания элементов питания в указанных сельских поселениях и отобразил эти данные в виде диаграмм;

Хромова Л. М. – отредактировала содержание текстовой части статьи. Контролировала процесс оформления рисунков по процентному содержанию элементов питания от существующих норм.

Contribution of the authors:

Kimov M.A. and Kimova D.A. – conducted surveys of tomato stolbur incidence from 2021 to 2023 at the experimental sites in the rural settlements of Baksanenok, Germenchik, and Psykod. These authors collected and provided leaf samples for the functional analysis of nutrient content in healthy versus diseased tomato plants at these locations over the three-year study period;

Anchokov M.I. – conducted a comparative assessment of the nutrient content in healthy versus diseased tomato leaves in the rural settlements of Baksanenok, Germenchik, and Psykod over the three-year study period. Based on the functional analysis data, he determined the average nutrient concentrations for these locations and presented the findings in diagrams;

Khromova L.M. – edited the manuscript text and supervised the visualization of the figures, which display the nutrient content percentages in comparison with existing reference standards.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Кимов Мухамед Асланбекович, аспирант Научно-образовательного центра, мл. науч. сотр. лаборатории молекулярной селекции и биотехнологии, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

kimov1222@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9388-2302>, SPIN-код: 9480-1572

Хромова Людмила Михайловна, вед. науч. сотр. Инжинирингового центра, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

khromova.1954@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1524-2462>, SPIN-код: 2839-2028

Анчѳков Мурат Инусович, заведующий лабораторией «Имитационное моделирование фенoгенетических процессов» НИЦ «Интеллектуальные генетические системы», Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-код: 3299-0927

Кимова Дана Аликовна, мл. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Ногмова, 73;

dana.kimova@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7834-7683>, SPIN-код: 1930-2742

Information about the authors

Mukhamed A. Kimov, Postgraduate Student of the Scientific and Educational Center, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Selection and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

kimov1222@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9388-2302>, SPIN-code: 9480-1572

Lyudmila M. Khromova, Leading Researcher, Engineering Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

khromova.1954@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1524-2462>, SPIN-code: 2839-2028

Murat I. Anchokov, Head of the Laboratory of Simulation Modeling of Phenogenetic Processes, Scientific Research Center of Intelligent Genetic Systems, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-code: 3299-0927

Dana A. Kimova, Junior Researcher, Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

73, Nogmova street, Nalchik, 360004, Russia;

dana.kimova@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7834-7683>, SPIN-code: 1930-2742