

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЖИЗНЕНДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕРЕШНИ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А. С. БРУЙЛО, И. Л. ОЛЕЦКАЯ

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
ул. Терешковой, 28, г. Гродно, 230005, Беларусь,
e-mail: Inessa.Olecka@yandex.by

АННОТАЦИЯ

В аналитическом обзоре представлены литературные данные о влиянии отдельных элементов питания на процессы роста и развития черешни, которые должны учитываться при разработке дифференцированных технологий возделывания этой культуры в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: черешня, плоды, деревья, элементы питания, процессы роста и развития растений, дефицит, симптомы недостатка.

ВВЕДЕНИЕ

Черешня – многолетнее поликарпическое растение. В течение всей своей жизни она растет и плодоносит на одном и том же месте, ежегодно выносит из почвы одни и те же элементы питания, что приводит к их резкому дефициту в почве [1, 2]. Одним из самых доступных и эффективных способов устранения данного дефицита является внесение удобрений. Научно обоснованное применение минеральных удобрений определяет обеспеченность растений элементами минерального питания: азотом, фосфором, калием, что во многом способствует стабильной урожайности. В обменных почвенных и физиолого-биохимических процессах значительная роль принадлежит кальцию, магнию, бору и микроэлементам [3, 4].

В аналитическом обзоре литературы будет рассмотрено биолого-физиологическая роль и значение отдельных, наиболее важных, на взгляд авторов, элементов питания, необходимых для нормального роста и развития растений черешни, а также будут представлены визуальные симптомы их недостатка.

В растительном организме обнаружено до 70 химических элементов. На данном этапе развития научных знаний 20 элементов относятся к необходимым, а 12 считаются условно необходимыми. По сводке М. Я. Школьника, по меньшей мере 27 химических элементов участвуют в метаболических процессах и реакциях. А. П. Виноградов (1952), В. Б. Ильин (1985) отмечают, что все элементы, поглощаемые растениями, так или иначе участвуют в жизненных процессах [5, 6].

Накопленный к настоящему времени экспериментальный материал дает основание считать, что к числу жизненно важных элементов минерального питания относятся азот, фосфор, калий, магний, сера, железо, натрий, хлор, марганец, медь, цинк, кобальт, кремний, бор, бром, молибден, йод, селен и литий. Каждый из них играет определенную роль в жизни растения и не может быть заменен другим элементом. При длительном недостатке или избытке того или иного элемента в почве и в тканях растений глубоко нарушается ход биохимических процессов, что сопровождается изменением характера роста и развития, различными изменениями морфологического и анатомического порядка, а также появлением характерных симптомов заболевания на листьях и других органах, по которым определяют потребность растения в элементе питания (И. Л. Савицкий, 1980) [7, 8]. К числу наиболее важных элементов минерального питания растений относится азот, фосфор, калий. В почвах республики их содержание часто недостаточное [9, 10].

Азот. Особую роль в жизни растений играет азот, обеспечивая их рост и развитие. Азот – важнейший питательный элемент всех растений. В среднем его содержание составляет 1–3 % от массы сухого вещества растений. Исключительная роль азота для растений и всего живого на земле определяется прежде всего тем, что он входит в состав белков (16–18 %), являющихся

ся главной составной частью цитоплазмы, ядра клеток и хлорофилла, без которого невозможна важнейшая функция зеленого растения – фотосинтез. Наибольшее количество азота идет на формирование листьев, побегов, почек, цветков, плодов и семян. Его наличие в них меняется в зависимости от периода вегетации: весной, за счет отложений в растения осенью, повышается, затем значительно снижается, к осени вновь увеличивается, перемещаясь в зимующие органы.

При длительном недостатке азота в черешне тормозится рост побегов, корней, наблюдается общий хлороз (пожелтение листьев) и более мелкий размер плодов (рис. 1), а при его достаточном количестве листья становятся крупными, темно-зелеными, раньше начинается плодоношение, повышается завязываемость плодов.



Рис. 1. Азотный хлороз на листьях черешни

Отрицательно проявляется и избыток азота, особенно при недостатке фосфора и калия. Прослеживается чрезмерный вегетативный рост, но растения слабо закладывают цветочные почки, деревья позднее начинают плодоношение, отмечается задержка сбора урожая и снижение качества плодов (бледно окрашенные, с уменьшенной сахаристостью). В плодах может накапливаться избыточное количество нитратов [11–13].

Однако действие внесенного с удобрениями азота зависит еще и от многих других внутренних и внешних факторов роста и развития. Так, с увеличением дозы вносимых азотных удобрений, но при недостаточном содержании воды в почве, происходит не усиление роста деревьев и их побегов, а, наоборот, торможение [14].

Поступают соединения азота в растения черешни в основном из почвы, где они накапливаются за счет внесения органических и минеральных удобрений, жизнедеятельности бактерий (азот становится доступным растениям только после преобразования их бактериями: аммонификация, нитрификация), фиксирующих азот из воздуха. Однако при всей важности этого элемента необходимо учитывать зависимость роста и развития деревьев черешни от других элементов питания.

Фосфор также играет заметную роль в биохимических процессах растений. Содержание этого элемента в растениях колеблется в пределах от 0,2 до 1,3 % от массы сухого вещества. Он принимает участие в синтезе белков, энергетическом обмене, передаче наследственных свойств, образовании клеточных мембран, ускоряет переход растений в репродуктивную фазу. С наличием фосфора связаны процессы фотосинтеза и дыхания растительного организма [15].

Большая часть фосфора находится в репродуктивных органах и молодых интенсивно растущих частях растений. Данный элемент ускоряет формирование корневой системы: она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Достаточная обеспеченность фосфором ускоряет переход в репродуктивную фазу. В плодах накапливается больше красящих и ароматических веществ,

улучшается их лежкость. Хорошая обеспеченность растений фосфором способствует более экономическому расходованию ими воды, повышению засухоустойчивости, а также их устойчивости к болезням и вредителям. Оптимальное питание фосфором стимулирует процессы оплодотворения растений, повышает урожай и его качество.

Влияние фосфора становится очевидным при его дефиците. По мнению некоторых авторов (И. И. Ильинский, С. С. Рубин, 1968; В. Фидлер, 1983; Э. П. Кудрявцев, 1987), в этом случае проявляются те же симптомы, что и при недостатке азота. В частности, параллельно идет накопление углеводов в верхушке почек, ослабляется ветвление побегов. Дефицит может привести к снижению роста и приземистости, а также к красновато-темной окраске листьев из-за повышенного содержания пигментов антоцианов. Фосфор очень подвижен в растении, поэтому дефицит, в первую очередь, проявляется на старых листьях [16, 17].

Доказано (В. Фидлер, 1983), что избыток фосфора очень быстро приводит к заметной задержке роста побегов, так как при этом возникает антагонизм с азотом. В то же время повышение доз фосфорных удобрений способствует увеличению содержания кальция, магния и железа в тканях дерева. По данным С. Рейнкена (1962), при повышении уровня фосфорного питания образуются более крупные листья с меньшей густотой жилкования и более низким содержанием сухого вещества. Такие листья имеют меньшее число устьиц на единицу поверхности, но сохраняют достаточно высокую фотосинтетическую активность [18].

Между тем избыток фосфора, равно как и недостаток этого элемента, – явления относительно редкие, вследствие его сравнительно сильного связывания почвой, с одной стороны, а с другой – незначительной мобильности в почвенной среде и небольшой опасности вымывания.

Имеются данные о том, что черешня незначительно реагирует на фосфорное питание. Даже при низком содержании подвижных форм фосфора в почве не наблюдалось снижения урожайности и его концентрации в листьях. Предполагается, что деревья черешни обладают способностью сохранять достаточные запасы этого элемента в своих тканях в течение длительного времени после снижения его доступных форм в почве [19, 20].

Калий является столь же незаменимым элементом в жизни растений, как азот и фосфор, причем из всех катионов калий необходим растениям в наибольшем количестве. Содержание этого элемента в растениях колеблется в пределах 0,5–5,0 % сухой массы. Калий поглощается корнями в форме катиона K^+ и остается в растении как свободный заряженный ион, образуя лишь слабые связи с протоплазмой. Он имеет большое физиологическое значение в жизни растений, хотя и не входит в состав органических веществ: положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, углеводный, азотный и водный обмены растений. В растительном организме выполняет многочисленные функции, хотя и не входит в состав соединений клетки. Калий, воздействуя на важнейшие биологические процессы в клетках растений:

- а) повышает фотосинтетическую активность, ускоряя отток ассимиляントов из листьев в плоды;
- б) активизирует функционирование более 60 ферментов и ферментных систем;
- в) усиливает образование целлюлозы и пектиновых веществ, что увеличивает толщину клеточных стенок, повышая прочность тканей;
- г) повышает зимостойкость и засухоустойчивость растений;
- д) улучшает сохранность продукции и товарные качества плодов;
- е) повышает иммунитет к болезням и вредителям;
- ж) усиливает накопление моносахаридов.

Растения потребляют значительное количество калия. Этот элемент, в основном, сосредоточен в растущих молодых тканях, характеризующихся высоким уровнем обмена веществ: меристемах, камбии, молодых листьях, побегах, почках. В молодых листьях калия всегда больше, чем в старых, и молодые растения обычно характеризуются высоким содержанием калия. Содержание калия в листьях и стеблях относительно выравненное. Из старых листьев он может передвигаться в более молодые, то есть использоваться в растении повторно, или реутилизироваться. Передвижению калия из старых листьев в молодые способствует натрий, который может замещать его в тканях растений, завершивших свой рост [21, 22].

Таким образом, функциональная роль калия в растении многосторонняя. Это, по-видимому, связано с тем, что калий регулирует мембранный потенциал клеток и поток веществ через них. При его недостатке происходит множество нарушений в процессах обмена веществ у растений [23]. Дефицит сначала развивается на старых листьях в виде пожелтения или некроза краев листьев (рис. 2). Снижение содержания калия также связано с уменьшением размера плодов и содержания растворимых сухих веществ.



Рис. 2. Листья черешни с симптомами дефицита калия и дефицита калия и фосфора

По мнению некоторых авторов (В. Фидлер, 1983), избыток калия более опасен, чем его недостаток, особенно с точки зрения завязывания плодов и формирования их качества. Основанием этому служит ослабление поглощения растениями кальция и магния, вызванное повышенной концентрацией калия [24].

Характерно, что в период массового плодоношения существенно возрастает вынос калия с урожаем плодов. В этот период плодовые растения на формирование урожая затрачивают в 2–3 раза больше калия, по сравнению с фосфором, и в 1,4–1,8 раза больше, чем азота. Однако диапазон выноса калия с урожаем у разных плодовых и ягодных культур довольно широк. Больше всего на формирование единицы урожая затрачивается калия у черешни. В целом косточковые плодовые породы более восприимчивы к недостатку калия, чем семечковые культуры [25].

Кальций. Накопленный экспериментальный материал дает основание отметить, что кальцию принадлежит важная роль в регулировании многих процессов обмена веществ. Показано, что этот элемент необходим растению еще в fazu прорастания, так как кальций семени не участвует в питании проростка. В растениях этот элемент находится как в свободном, так и в адсорбированном состоянии, его содержание составляет 0,05–0,50 % в расчете на сухую массу. Источником для питания растений служат карбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты и другие неорганические соли кальция, а также гумат кальция. Поступает он в растение в виде катиона Ca^{2+} , а транспирационными потоками далее транспортируется акропетально, в результате его концентрация всегда ниже в молодых листьях, чем в старых.

Роль кальция в развитии растения многосторонняя. Он входит в состав ядра, митохондрий, рибосом, пластид, цитоплазмы, клеточной стенки и других органоидов, включений клетки и необходим для поддержания их структуры. Кальций стабилизирует и входит в состав мембран, поэтому его присутствие необходимо для их нормального функционирования.

Недостаток кальциевого питания проявляется в приостановке роста корней с последующим их побурением и отмиранием кончиков, замедляется общий рост побегов и ствола, верхушечные листья светлеют. Недостаток поступления кальция при формировании плодов резко снижает их качество.

Дефицит кальция связан с растрескиванием и твердостью плодов черешни (Demarty et al., 1984, Christensen, 1996). Плоды с более высоким уровнем кальция имеют сниженную проницаемость кутикулы (Christensen, 1996) и большую прочность клеточной стенки (Glenn and Poovaiah, 1989) [13].

Вредный избыток кальция у растений проявляется так же, как и недостаток цинка, магния, марганца, бора и калия. При избытке кальция растение не может усваивать железо. Появляются признаки хлороза [26, 27].

Магний. В жизни растений магний играет исключительно важную роль. Он входит в состав хлорофилла, фитина, пектина и некоторых других органических веществ. Некоторые функции магния в растении схожи с функциями кальция и калия. Магний вместе с кальцием участвует в построении пектиновых веществ клеточных стенок.

Общее содержание магния в растениях в расчете на сухую массу составляет 0,05–0,50 %. Содержится в клетке в виде свободных или адсорбированных ионов, а также в хелатной форме. В растениях более 50 % ионов поступившего магния находится в свободном состоянии, оставшееся количество выступает как обязательный компонент (15–20 % от общего содержания магния в растении) в различных соединениях, среди которых важное место занимает хлорофилл.

Недостаток магния вызывает остановку роста и своеобразный хлороз растения – листья становятся пестрыми, участки между жилками бледнеют, а вдоль жилок сохраняется нормальная окраска. Острый же недостаток вызывает у плодовых преждевременный листопад, причем верхушки побегов остаются облиственными [28]. На черешне симптомы дефицита появляются на старых листьях в виде межжилкового хлороза, который может привести к межжилковому некрозу (рис. 3).



Рис. 3. Дефицит магния и калия в черешне

В садоводстве очень часто причиной снижения продуктивности деревьев, получения некачественной продукции, проявления физиологических заболеваний является недостаточная обеспеченность микроэлементами. Они поглощаются в небольших количествах, но, тем не менее, выполняют многочисленные функции, связанные с ростом и развитием плодовых культур. Они участвуют в биосинтезе ферментов, витаминов и призваны улучшать обмен веществ, устранять функциональные нарушения, содействовать нормальному течению физиологико-биохимических

процессов. Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, неблагоприятным факторам окружающей среды.

Недостаточная обеспеченность плодовых деревьев или ягодных кустарников микроэлементами чаще является следствием конкуренции между питательными ионами или результатом их связывания при неблагоприятной реакции почвы.

Следует отметить, что определение потребности растений в микроэлементах по анализу почвы и листьев довольно сложно. В условиях производства гораздо проще вести наблюдение за внешним видом деревьев, и особенно за формой и окраской листьев.

Большую роль в жизнедеятельности играют бор, железо, марганец, цинк.

Бор. Существенный вклад в изучение роли бора для жизнедеятельности растений внесли ученые: М. Я. Школьник (1939), Е. В. Бобко (1940), И. А. Поспелов (1947), Я. В. Пейве (1980) и др. Содержание бора в растениях составляет 1–20 мг/кг сухого вещества. Потребляется он растениями в форме аниона (BO_3^{2-}) в результате пассивного диффузного поступления в корни и под метаболическим контролем [24].

Бор не входит в состав ферментов, но может оказывать влияние на скорость и направленность ферментативных реакций. В частности, он оказывает положительное влияние на активность каталазы, инвертазы, оксидазы, индолилуксусной кислоты, пероксидазы и полифенолоксидазы. Функции бора в растительном организме прежде всего связаны с метаболизмом углеводов; переносом сахаров через мембранны; синтезом ДНК, РНК и фитогормонов; образованием клеточных стенок и развитием тканей. Значительное влияние бор оказывает на фотосинтетическую деятельность растений: увеличивает количество и размер хлоропластов, содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях. Он усиливает интенсивность фотосинтеза в утренние и вечерние часы и снижает негативное влияние на этот процесс высоких температур в дневное время. В связи с улучшением углеводного и белкового обмена растений под влиянием микроэлемента повышается их засухоустойчивость, жаро- и морозостойкость, а также устойчивость к болезням и вредителям [19, 24].

Бор играет важную роль в процессах оплодотворения и плодоношения. Он усиливает прорастание пыльцы, рост пыльцевых трубок и необходим для формирования жизнеспособной пыльцы. Бор также связан с азотным обменом растений. В частности, установлено положительное влияние микроэлемента на поступление азота и включение его в белковые соединения. В период вегетативного роста растений бор способствует увеличению содержания органических соединений фосфора в листьях, стеблях и корнях. Значительно его влияние на поглощение растениями элементов минерального питания. В частности, этот элемент положительно влияет на поглощение и использование растениями калия и кальция. Установлен синергизм бора с марганцем и молибденом.

При недостатке бора нарушается синтез, и особенно передвижение, углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Показано, что эффективность бора в насаждениях черешни в значительной степени зависит от сорта. В литературных источниках приводятся данные в основном об эффективности осенних некорневых подкормок бором на почвах с низким его содержанием. Авторами отмечается увеличение завязываемости плодов и урожайности черешни под влиянием борных удобрений. В опытах с меченным бором установлено, что при осенних обработках деревьев черешни борными удобрениями, он перемещается из листьев и значительное его количество накапливается в спящих цветковых почках, что способствует увеличению продуктивности растений на следующий год. Обработка бором в начале сентября способствовала ускорению роста пыльцевых трубок в пестиках следующей весной. Т. Н. Дорошенко и др. (2016), в условиях выщелоченных черноземов южного региона России, показано повышение урожайности 15-летних деревьев черешни (на 14–17 %) под влиянием осенних и весенних обработок борной кислотой за счет более эффективного протекания процесса дифференциации цветковых почек. Исследователями показано увеличение концентрации бора в листьях и цветках черешни под влиянием борных удобрений [29].

Применение корневых и некорневых способов внесения борных удобрений оказывало существенное влияние на ряд биохимических показателей черешни. Венгерскими исследователями

Thurzó et al. (2014) выявило неоднозначное влияние бора на уровень фотосинтетических пигментов в листьях черешни; его повышение при однократной обработке во время цветения и противоположный эффект при двукратных обработках (в период цветения и через 35 дней). При борных обработках снижалось содержание в плодах фенольных соединений, антоцианов и флавоноидов. В Польше Wojsik et al. (2012), напротив, установили положительное влияние корневых и некорневых обработок борными удобрениями на содержание растворимых сухих веществ и антоцианов в плодах черешни [30].

Железо. Участие железа в процессах обмена веществ в растительном организме чрезвычайно велико и отражается на активности и характере метаболизма других потребляемых элементов питания. Оно участвует в окислительно-восстановительных процессах растения, способствует образованию хлорофилла и входит в состав некоторых дыхательных ферментов.

Железо в почве находится в форме ферроалюмосиликатов, окиси и закиси железа и их гидратов. Его недостаток для растений чаще всего проявляется на карбонатных или сильно заизвесткованных почвах, где оно находится в труднодоступном состоянии. На кислых почвах растения могут страдать от недостатка железа при избыточном количестве марганца (М. Н. Язвицкий, 1972). Усилинию железного голодания способствует обилие фосфора и малое содержание растворимого калия в почве (А. С. Радов и др., 1978).

Недостаток железа вызывает задержку роста и развития и появление у них хлороза (рис. 4). Пораженные хлорозом молодые деревья могут погибнуть, плодоносящие – перестать плодоносить. При избытке железа тормозится рост, отмирают корни и листья [30].



Рис. 4. Симптомы дефицита железа (железный хлороз) (а) и цинка (б) в черешне

Марганец. Роль марганца в растении во многом подобна роли железа. Эти два элемента частично заменяют друг друга. Впервые на участие марганца в процессах жизнедеятельности растений указывал еще Г. Берtran в 1887 г. Физиологическая роль марганца в жизни растений определяется, прежде всего, его участием в активизации ферментов, участвующих в процессах обмена веществ, синтезе белков и углеводов.

Благодаря способности менять свою валентность марганец участвует во многих окислительно-восстановительных реакциях. Он является регулятором активности железа и способствует переходу закисной его формы в окисную и обратно. Способствуя реоксидации активного двухвалентного железа в трехвалентное, марганец тем самым предохраняет клетку от отравления. Он участвует в биосинтезе хлорофилла и повышает интенсивность фотосинтеза. Ионы марганца принимают активное участие в окислении продуктов карбоновых кислот и, как следствие, в процессе дыхания растений. Марганец выполняет ключевую функцию в биосинтезе и поддержании структуры ДНК в ядре. Он активизирует влияние индолилуксусной кислоты на ростовые процессы. Определенное влияние марганец оказывает на поглощение и включение в обмен веществ эле-

ментов минерального питания, в частности, ускоряет поступление азота в растения и превращение его в органические азотистые соединения. Этот элемент существенно усиливает поглощение растениями фосфора и калия, но снижает поступление цинка, кальция, лития и натрия [31, 32].

Валовое содержание марганца в почвах колеблется от 100 до 4000 мг/кг почвы, подвижной его формы – от 1 до 150 мг. В тяжелых почвах этого элемента больше, чем в легких. Кислые почвы богаче подвижным марганцем, чем выше кислотность, тем больше его переходит в обменную форму. В кислых почвах марганец представлен подвижной двухвалентной формой, в нейтральных и слабощелочных – малодоступными для растений трех- и четырехвалентной формами, поэтому растения на этих почвах испытывают марганцевое голодание (А. М. Артюшин, А. И. Державин, 1984) [33].

При недостатке марганца у черешни наблюдается хлороз нижних более старых листьев, верхние молодые остаются зелеными. Пожелтение идет с краев листа, в то же время ткани у жилок имеют нормальную зеленую окраску. Наряду с хлорозом происходит засыхание и отмирание верхушек веток.

Цинк. Физиологическая роль цинка в жизнедеятельности растений в значительной степени определяется его наличием в составе многих ферментов. Важно его участие в окислительно-восстановительных процессах растений. В частности, установлено усиление восстановительных процессов под воздействием микроэлемента. Цинк принимает активное участие в азотном обмене растений. Его недостаток приводит к значительному накоплению небелковых соединений азота. Улучшение снабжения растений цинком, наоборот, усиливает образование амидов и синтез белка. Цинк принимает активное участие в синтезе ДНК и способствует усилинию прочности связи хлорофилла с белком, предохраняя его от преждевременного распада. Последнее приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях и усилиению интенсивности процесса фотосинтеза.

Улучшенное питание растений цинком ограничивает избыточное поступление в них фосфора и оказывает положительное влияние на его утилизацию. Элемент участвует в процессах оплодотворения и развития зародыша. Одной из наиболее существенных особенностей физиологической роли цинка является его взаимосвязь с ростовыми веществами. В частности, при его недостатке заметно снижается содержание ауксинов.

В целом цинк оказывает существенное влияние на поступление и содержание в растениях элементов минерального питания. В частности, он способствует более экономному поглощению растениями бора, меди, но уменьшает поступление в них калия, марганца, кадмия, свинца и железа. Цинк повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Имеются данные о положительном влиянии его на засухоустойчивость, зимостойкость, а также устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям (А. Х. Шеуджен, М. А. Алешин, 1996). При отсутствии в нужном количестве данного элемента у растений проявляются симптомы цинковой недостаточности – мелколистность (ланцетовидность) и розеточность: на концах побегов образуются очень мелкие розетки желтоватых листьев, позднее отмирающих. На заболевших деревьях образуются мелкие плоды уродливой формы. После 3–4 лет голодания деревья погибают [27, 34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный выше анализ специальных литературных источников по теме статьи показал, что с помощью отдельных элементов питания, обладающих высокой биологической активностью, можно целенаправленно и точно воздействовать на процессы роста и развития деревьев черешни. Как избыток элементов питания, так и их недостаток ведут к разного рода биологическим и физиологическим реакциям, которые необходимо учитывать при разработке технологий возделывания деревьев черешни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Звонарев, Н. М. Вишня, черешня. Сорта, выращивание, уход / Н. М. Звонарев. – М. : Центрополиграф, 2011. – 56 с.

2. Царенко, Н. А. Вишня войлочная / Н. А. Царенко, В. П. Царенко // Наука и жизнь. – 2005. – № 6. – С. 45–47.
3. Лактионов, К. С. Частное плодоводство. Косточковые культуры / К. С. Лактионов. – 3-е изд. – СПб. : Лань, 2023. – 124 с.
4. Михеев, А. М. Вишня, черешня / А. М. Михеев, Н. Т. Ревякина. – М. : Издательский дом МСП, 2004. – 112 с.
5. Дерюгин, И. П. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур : [по спец. «Плодово-овощеводство и виноградарство»] / И. П. Дерюгин, А. Н. Куюкин. – М. : Агропромиздат, 1988. – 269 с.
6. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л. : Наука. Л. отд-ние, 1974. – 324 с.
7. Шармазанов, Я. В. Оптимизация минерального питания сортов черешни в условиях орошения / Я. В. Шармазанов // Новое слово в науке. Молодежные чтения 2023 : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 22 сент. 2023 г. / Ставроп. гос. аграр. ун-т, Ин-т агробиологии и природ. ресурсов. – Ставрополь, 2023. – С. 235–239.
8. Шуруба, Г. А. Некорневое питание плодовых и ягодных культур микроэлементами / Г. А. Шуруба. – Львов : Изд-во при Львов. ун-те, 1985. – 175 с.
9. Кидин, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур : учеб. пособие / В. В. Кидин. – М. : Изд-во РГАУ – МСХА, 2009. – 412 с.
10. Корчагин, А. А. Система удобрений : учеб. пособие / А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, Н. А. Комарова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 116 с.
11. Гусева, Н. К. Плодоводство : учеб. для вузов / Н. К. Гусева, Н. А. Васильева. – СПб. : Лань, 2024. – 148 с.
12. Михайлова, Л. А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур : учеб. пособие / Л. А. Михайлова, М. Г. Субботина, М. А. Алёшин ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Перм. гос. аграр.-технол. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2019. – 247 с.
13. Бузоверов, А. В. Южное плодоводство: почвенная агротехника, удобрение, орошение : учеб. пособие для вузов / А. В. Бузоверов, Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2021. – 128 с.
14. Влияние удобрений и росторегуляторов различной природы на рост и плодоношение черешни и вишни / Т. В. Рябцева, Н. Г. Капичникова, П. А. Турбин, С. Г. Азизбекян // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларусь, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 117–130.
15. Рожкова, А. Н. Физиология и биохимия растений : учеб.-практ. пособие / А. Н. Рожкова, И. М. Мазиров ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2022. – 264 с.
16. Анспок, П. И. Микроудобрения : справ. / П. И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 354 с.
17. Плодоводство : учеб. пособие для вузов / Н. П. Кривко, Е. В. Агафонов, В. В. Чулков [и др.]. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2024. – 416 с.
18. Кондаков, А. К. Новая технология удобрения садов с корректировкой доз элементов питания / А. К. Кондаков // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И. В. Мичурина (1931–2001 гг.) : сб. науч. тр. – 2001. – Т. 2. – С. 37–48.
19. Справочник по удобрениям для садоводов и огородников / ФГБУ «Центр агрохим. службы «Башкирский» ; под общ. ред. Н. А. Середы. – Изд. 1-е. – Уфа : НВП БашИнком, 2016. – 155 с.
20. Mercik, S. Effect of 65-year static soil fertilization on the growth, fruiting and leaf nutrient status of a tart cherry trees / S. Mercik, K. Slowik, T. Wasowski // Acta Horticulturae. – 1990. – № 274. – Р. 331–338.
21. Глухих, М. А. Плодоводство : учеб. пособие для вузов / М. А. Глухих. – СПб. : Лань, 2025. – 124 с.
22. Янчевская, Т. Г. Оптимизация минерального питания растений / Т. Г. Янчевская. – Минск : Беларус. наука, 2014. – 458 с.
23. Плодоводство : учеб. для вузов / Н. П. Кривко, В. В. Турчин, Е. М. Фалынсков [и др.]. – СПб. : Лань, 2023. – 312 с.
24. Кондаков, А. К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А. К. Кондаков ; Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина Россельхозакадемии. – 2-е изд., доп. и уточн. – Мичуринск : БИС, 2007. – 327 с.
25. Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 36.01.06 «Сельское хозяйство» / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова ; сост.: В. П. Белоголовцев, Е. А. Нарушева. – Саратов, 2014. – 121 с.
26. Григорьевич, Л. Н. Основы плодоводства : учеб. пособие для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / Л. Н. Григорьевич, Ю. М. Полещук, А. И. Блинцов. – Минск : БГТУ, 2004. – 89 с.
27. Дзанагов, С. Х. Агрохимия : учеб. для вузов / С. Х. Дзанагов. – 2-е изд. – СПб. : Лань, 2024. – 376 с.
28. Шеуджен, А. Х. Агрохимия : учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп : Изд-во «Афиша», 2006. – С. 766–852.
29. Влияние сроков применения борной кислоты на генеративную деятельность косточковых культур / Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова, Н. В. Захарчук, Д. В. Максимцов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 41 (5). – С. 121–130.
30. Szucs, E. Effect of nutrient supply on frost hardiness and fruit set of sour cherry flowers and on yield / E. Szucs // Acta Horticulturae. – 1996. – № 410. – 551–554.
31. Бруйло, А. С. Эффективность некорневой подкормки яблони микроудобрениями в плодоносящем саду / А. С. Бруйло, В. А. Самусь, М. И. Сухоцкий // Агропанorama. – 1999. – № 3. – С. 32–34.

32. Бруйло, А. С. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на плодообразование, урожайность, продуктивность и периодичность плодоношения яблони / А. С. Бруйло, В. А. Самусь, М. И. Сухоцкий // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 3. – С. 25–28.

33. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп : ОАО «Полиграф-ИОГ», 2013. – 571 с.

34. Sadowski, A. Effects of pre-planting P fertilization in sour cherry orchards / A. Sadowski, E. Jadczuk, B. Jurczak // Acta Horticulturae. – 1995. – № 383. – P. 239–246.

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF SPECIFIC NUTRIENTS
IN THE VITAL FUNCTIONS OF SWEET CHERRY (AN ANALYTICAL REVIEW)**

A. S. BRUYLO, I. L. OLETSKAYA

Abstract

This analytical review presents literature data on the impact of specific nutrients on the growth and development processes of sweet cherry, which should be taken into account when developing differentiated cultivation technologies for this crop under the soil and climatic conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: sweet cherry, fruits, trees, nutrients, plant growth and development processes, deficiency, deficiency symptoms.

Поступила в редакцию 24.03.2025