

УДК 631.8:634.711(476)

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ. (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А. С. Бруйло, А. В. Чайчиц

УО «Гродненский государственный аграрный университет»
г. Гродно, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 230008,
г. Гродно, ул. Терешковой 28e-mail: kafedra.plod@mail.ru)

Ключевые слова: малина ремонтантная, побег, полукустарник, элементы питания, процессы роста и развития, дефицит, симптомы недостатка.

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

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF INDIVIDUAL NUTRITIONAL ELEMENTS IN THE LIFE OF RAPPY REPAIR

A. S. Bruylo, A. V. Chaychits

El «Grodno state agrarian university»
Grodno, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 230008, Grodno,
28 Tereshkova st.; e-mail: kafedra.plod@mail.ru)

Key words: raspberry remontan, shoot, shrub, measuring elements of nutrition, deficit, symptoms of malnutrition.

Summary. The analytical review presents literature data on the influence of individual nutrients on the growth and development of remontan raspberry plants, which should be taken into account when developing differentiated technologies for cultivating this crop in the soil and climatic conditions of the Republic of Belarus.

(Поступила в редакцию 28.05.2020 г.)

Введение. Малина ремонтантная является одной из наиболее ценных ягодных культур. Ее плоды пользуются большим спросом у населения, т. к. обладают комплексом уникальных питательных и лечебных свойств [1]. Период плодоношения у растений ремонтантной малины растянут, а урожай формируется, начиная с конца лета, и продолжается до начала-середины осени. Популярность данной культуры связана и с возможностью за один вегетационный сезон формировать как побеги, так и давать урожай, что, на наш взгляд, является одним из важнейших достоинств в этой культуре. Также к несомненным досто-

инствам ремонтантной малины, кроме вышеперечисленных, можно отнести и значительно большую толерантность к болезням и вредителям. Однако эта культура более требовательна к водно-воздушному и питательному режимам почвы, потому что основная масса корней у нее залегает в верхних слоях почвы на глубине до 30-40 см [1].

Малина ремонтантная – многолетнее поликарпическое растение. В течение всей своей жизни она растет и плодоносит на одном и том же месте, выносит из почвы одни и те же элементы питания. Ежегодный вынос одних и тех же элементов питания приводит к резкому их дефициту в почве.

Одним из самых доступных и эффективных способов устранения данного дефицита является внесение удобрений. Основой для проектирования и разработки системы удобрения данной культуры является данные по обеспеченности почвы теми или иными элементами питания, а также соответствии особенностей питания физиологическим потребностям этой культуры.

Результаты исследований и их обсуждение. 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 малины ремонтантной, а также будут представлены визуальные симптомы их недостатка.

Урожай малины ремонтантной, в основном, определяется сбалансированным уровнем азотного питания, который считается основным урожаеобразующим компонентом [17]. Точное определение доз внесения этого элемента питания затруднительно, учитывая его подвижность в почве. При возделывании малины ремонтантной несбалансированное азотное питание с завышенными дозами этого элемента резко снижает морозо- и зимостойкость этой культуры, в результате чего в холодные и суровые зимы значительно возрастает риск вымерзания побегов. Завышенные дозы азотных удобрений ведут к последующему загрязнению окружающей среды. Дефицит азота вызывает заметное замедление роста растений. Симптомы дефицита азота проявляются на листьях, которые приобретают светло-зеленую окраску [25].

Ранней весной очень остро на плантациях малины ремонтантной и стоит проблема обеспеченности их фосфором, который отвечает за процессы деления клеток, переноса энергии и правильное развитие корневой системы этой культуры. Малина ремонтантная характеризуется сравнительно невысокой потребностью в этом элементе питания. Выявлено, что ежегодно малина ремонтантная выносит с гектара от 6 до 8 кг P_2O_5 [24], следовательно, при своевременной и качествен-

ной подготовке почвы под закладку ее плантаций, характеризующихся оптимальной для этой культуры реакцией почвенной среды, во время ее последующего возделывания существует минимальный риск в недостатке этого элемента питания [24]. Однако, если в период вегетации наблюдается характерное фиолетово-пурпурное обесцвечивание листьев, указывающее на дефицит фосфора, то этот элемент питания лучше всего внести в виде некорневой подкормки.

Калий также является элементом питания, который требует своего ежегодного внесения. Подтверждением тому являются и данные по выносу данного элемента питания, т. к. вместе с урожаем в 1 т малина ремонтантная выносит 2,9 кг калия [23]. Физиологическая роль же этого элемента заключается в управлении водным потенциалом растений малины, повышении их морозостойкости и влиянии на такую важную характеристику качества ягод малины ремонтантной, как содержание сахаров и плотность ягод. Точную дозу внесения калия лучше всего рассчитать на основе результатов химического анализа почвы, которые отображают содержание калия в подвижной (доступной) растениям форме. Это важно, потому что избыток этого элемента питания в ризосфере уменьшает возможность поглощения малиной ремонтантной кальция и магния [21].

При дефиците калия рост и развитие растений малины ремонтантной существенно замедляются, а ее однолетние побеги становятся тонкими и постепенно отмирают. Симптомы дефицита калия проявляются во время созревания и уборки ягод на краях листьев, а сами же листья становятся коричневыми и усыхающими. Недостаток калия сильно влияет на урожайность – урожайность уменьшается. Плоды становятся мелкими и слабоокрашенными. Недостаток этого элемента питания можно устранить путем некорневой подкормки [14]. Однако слишком высокие дозы внесения калия приводят к характерным симптомам дефицита магния на листьях, а на ягодах это проявляется в ухудшении их вкусовых качеств и характеристик. Чаще всего дефицит калия проявляется на легких, кислых и плохо дренированных почвах, где корневая система малины ремонтантной развита слабо.

После азота, фосфора и калия к важнейшим для роста и развития растений малины ремонтантной питательным элементам относится магний. При этом, в первую очередь, определяющую роль магний играет потому, что он необходим растениям малины ремонтантной для образования хлорофилла. Без магния в растениях не смог бы нормально протекать процесс фотосинтеза [17]. Симптомы дефицита магния чаще всего возникают на легких песчаных почвах, реже – на тяжелых. Характерным признаком недостатка данного элемента является хлороз, первоначально

проявлявшийся на старых листьях. Высокие дозы калийных удобрений являются наиболее частой причиной возникновения дефицита магния. Для устранения дефицита этого элемента питания применяется некорневая подкормка микроудобрениями, содержащими в своем составе данный элемент питания, до и после цветения растений.

Вторым по физиологической значимости для роста и развития растений малины ремонтантной микроэлементом является бор. Он оказывает существенное влияние на углеводный, белковый и нуклеиновый обмены и целый ряд других биохимических процессов. При его недостатке нарушаются синтез и, особенно, передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение [22]. Бор не может реутилизироваться в растениях малины ремонтантной, поэтому при его недостатке, прежде всего, страдают молодые растущие органы, происходит отмирание точек роста. Бор оказывает существенное влияние на метаболизм кальция и эффективность его функционирования в растении. Он играет ключевую роль в процессах обеспечения фертильности пыльцы и ее последующем прорастании, следовательно, в формировании качественных семян и нормальном развитии ягод. Бор влияет на митоз, развитие и удлинение клеток [22]. Недостаток бора проявляется в том, что на растениях малины ремонтантной формируются маленькие по размеру цветки (лепестки цветка не пересекаются!), а в последующем они также формируют и маленькие ягоды [5, 11].

В первый период после закладки плантации малины ремонтантной требуется высокое содержание в почве магния, железа и марганца.

Физиологическая роль железа для роста и развития растений малины ремонтантной заключается в том, что оно является функциональной составляющей, частью ферментативных систем растений малины ремонтантной. Особенно важна его роль в окислительном и энергетическом обменах, а также в образовании хлорофилла. Поэтому органические соединения, в состав которых входит железо, прежде всего, необходимы растениям малины ремонтантной для протекания биохимических процессов, происходящих во время дыхания и фотосинтеза [3, 12]. Таким образом, в биохимии и физиологии растений малины ремонтантной железу отводится одна из ключевых ролей, поскольку процессы образования хлорофилла нормально протекают только при участии железа. Оно непосредственно участвует в фотосинтезе, а органические комплексы железа принимают участие в переносе электронов. Кроме этого, негемовые железосодержащие белки принимают участие в восстановлении нитритов и сульфатов, а само железо принимает непосредственное участие в метаболизме нуклеиновой кислоты

[5]. Основными и постоянными признаками, сопровождающими и нарушение питания малины ремонтантной данным элементом, является расстройство работы пигментного аппарата и подавление синтеза зеленого пигмента листа – хлорофилла [13]. Дефицит железа чаще всего наблюдается на почвах с высоким содержанием усвояемых форм фосфатов, которые способствуют переводу железа в малодоступное для растений состояние. Дефицит железа в растении (особенно после посадки и первые 2 года после этого) является причиной угнетения роста и развития растений малины ремонтантной (вызывает плохое развитие корней и надземных частей) [16], а также способствует снижению их морозо- и зимостойкости [15]. Симптомы дефицита железа могут проявляться на почвах со щелочной реакцией почвенной среды (рН почвы > 7,2) [21], а также на почвах с высоким содержанием фосфора в почве. На молодых верхушках побегов растений малины ремонтантной листовая пластинка становится яркой, белой, а иногда ее побеги отмирают [23].

Марганец также является важным элементом питания, который требуется для нормального роста и развития кустов малины ремонтантной и получения стабильной и высокой ее урожайности. Он увеличивает интенсивность дыхания, повышает усвоение углекислого газа и синтез углеводов. Дефицит марганца проявляется в виде межжилочного хлороза, начиная с краев листовой пластинки [25]. Листовая пластинка желтеет и имеет вид елочки, а главная и боковые жилки остаются зелеными. Рост растений малины ремонтантной существенно замедляется. Симптомы недостатка марганца могут проявляться на влажных, суглинистых, плохо дренированных почвах с высоким уровнем залегания грунтовых вод, характеризующихся слабокислой реакцией почвенной среды (рН почвы > 6,7), наряду с высоким содержанием кальция и органических веществ [2, 26].

Медь также входит в состав целого ряда окислительно-восстановительных ферментов и принимает непосредственное участие в процессах фотосинтеза, углеводного и белкового обменов. Симптомы дефицита меди могут проявляться на торфяных, песчаных, кислых или сильно щелочных почвах. Коричневые пятна образуются на апикальных листьях в июле и августе, а затем края листовой пластинки скручиваются вверх. Они постепенно усыхают и опадают. Верхушка растения тоже усыхает. Дефицит меди также существенно снижает морозо- и зимостойкость растений малины ремонтантной [5].

Цинк оказывает многостороннее действие на процессы обмена энергии и веществ в растениях малины ремонтантной, что обусловлено его участием в составе целого ряда ферментов и в синтезе ростовых

веществ – ауксинов. При недостатке цинка резко тормозится рост, выявляются функциональные нарушения процессов фотосинтеза, фосфорилирования, синтеза углеводов и белков, а также обмена фенольных соединений [4].

Молибден является неотъемлемым компонентом азотного обмена растений малины ремонтантной, т. к. функционально входит в состав нитраредуктазы, нитрогеназы и некоторых других ферментов. Физиологическая роль молибдена заключается в его участии не только в первичном метаболизме азотистых соединений (редукция нитратов), но и в заключительном этапе синтеза белков. При недостатке молибдена растения малины ремонтантной значительно отстают в своем росте и снижают урожайность, а на листьях проявляются признаки хлороза в виде бледной окраски. В результате нарушения азотного обмена листья культуры теряют тургор [1].

Кремний выполняет множество разнообразных функций в процессах роста и развития растений малины ремонтантной, но основная из них – это придание прочности опорному скелету растения. Этот микроэлемент присутствует в волокнах механических тканей, обеспечивает высокую силу цветения, а также энергию плодоношения [7-10]. Необходимо отметить также и эффективность участия кремния в процессах повышения борьбы иммунитета растений малины ремонтантной к грибковым и бактериальным заболеваниям. Этот элемент незаменим в процессах повышения устойчивости растений малины ремонтантной к стрессовым условиям (засуха, экстремальный температурный режим, ветровая нагрузка, жизнеспособность растений в условиях заболоченности и засоленности). В оптимальных дозах кремний улучшает азотный и фосфорный обмен в тканях растений, повышает потребление бора и других элементов питания, обеспечивает снижение токсичности избыточных количеств тяжелых металлов [6].

Кремний принято считать условно необходимым микроэлементом для растений малины ремонтантной. Таким образом, внешних признаков его дефицита невозможно обнаружить на растениях малины ремонтантной. В то же время практические наблюдения показывают, что его присутствие вызывает интенсивный рост растений (формируется более мощная корневая система, увеличивается площадь листьев), улучшает развитие (увеличивается количество и качество скелетных побегов, ускоряется и усиливается цветение, увеличивается содержание сахаров и других полезных компонентов в ягодах, а также продлевается срок их хранения) [6-7], повышает устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, что в конечном итоге способствует росту урожайности малины ремонтантной.

Сегодня применение кремнийсодержащих соединений, являющихся экологически чистой альтернативой пестицидам, рассматривается как способ восстановления и улучшения почвенного плодородия. Это весьма перспективное направление в технологиях получения экологически чистых продуктов, базирующееся на применении природных нетоксичных материалов [12-18].

Кобальт в растениях малины ремонтантной накапливается, в первую очередь, в пыльце и ускоряет ее прорастание, участвует в ауксиновом обмене, т. е. стимулирует процессы роста растений (в т. ч. способствует растяжению клеточных оболочек). Этот металл участвует в клеточной репродукции листьев (увеличение толщины и объема мезофилла, размеров и количества клеток столбчатой и губчатой паренхимы листа). Кроме этого, кобальт повышает общее содержание воды в растениях, что способствует повышению засухоустойчивости растений малины ремонтантной. Кроме того, многолетними исследованиями установлено положительное влияние кобальта и на процессы формирования и функционирования фотосинтетического аппарата растений путем повышения концентрации хлоропластов и пигментов в листьях [20, 21]. И хотя необходимое для нормального роста и развития растений количество этого микроэлемента очень низкое, а его физиологическая незаменимость для растений малины строго не доказана, кобальтовые удобрения все же способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшают качество производимой продукции. Внешние признаки недостатка кобальта в растениях малины ремонтантной очень схожи с признаками дефицита азота. Они внешне проявляются в замедлении процессов роста растений малины, пожелтении и хлорозе листьев, укороченном цикле их развития [13].

Современная практика применения удобрений на плантациях малины ремонтантной базируется, в основном, на данных полевых опытов и анализах почв. Вместе с тем известно, что полевыми опытами невозможно охватить все различия в почвенном плодородии и не по всем элементам питания имеются надежные критерии обеспеченности почв (например, по азоту). Кроме того, показатели содержания подвижных форм элементов питания в почве весьма динамичны, а на их способность обеспечивать растения малины ремонтантной тем или иным элементом питания оказывают существенное влияние агротехнические, погодно-климатические, почвенно-агрохимические и микробиологические факторы. Оценить доступность питательных элементов можно и с помощью самого растения. Поэтому наряду с почвенными анализами все большее распространение получает и анализ самих растений на содержание в них тех или иных элементов питания, которые

являются интегрированным выражением всех факторов на минеральное питание того или иного растения (тканевая или растительная диагностика минерального питания).

Тканевая диагностика включает в себя ряд взаимосвязанных методов по определению неорганических форм соединений тех или иных элементов питания в отобранных пробах, причем для анализа используют срезы стеблей, черешков, жилок листьев, выжатого сока, а также вытяжек или навесок из этих частей или других органов сельскохозяйственных растений, что позволяет корректировать дозы вносимых удобрений.

Применительно к малине ремонтантной вопросы тканевой (растительной) диагностики с целью корректировки доз вносимых удобрений и по настоящее время не разработаны.

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 растений малины ремонтантной, к примеру, на устойчивость ее к неблагоприятным как биотическим, так и абиотическим факторам произрастания. Как избыток элементов питания, так и их недостаток ведут к разного рода биологическим и физиологическим реакциям, которые необходимо учитывать при разработке дифференцированных технологий возделывания данной культуры в различных регионах мира.

Разработка и последующие использование методов тканевой (растительной) диагностики позволит оперативно корректировать дозы вносимых под ремонтантную малину удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок, П. И. Микроудобрения: справочник / П. И. Анспок. – 2-е изд., перераб. идоп. – Ленинград.: Агропромиздат., 1990. – 354 с.
2. Северин, В. Ф. Листовая диагностика в практике применения удобрений на промышленной плантации смородины / В. Ф. Северин. – Новосибирск.: Автопилот В, 1991. – 197 с.
3. Кондаков, А. К. Удобрения плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А. К. Кондаков. – Мичуринск: Издательский дом «Мичуринск», 2006. – 254 с.
4. Jelenic Djurdje. Savrmence gledanja na problem ishrane vocana mikroelementima i mogućnosti njihove primene preko Lista / Agrohemija. – 1973. – № 4. – С. 25-31.
5. Шкурко, Т. И. Влияние внесения удобрений перед посадкой в период плодоношения нарост, развитие и урожай черной смородины (БССР): Автореф. дис... канд. с.-х. наук / Т. И. Шкурко. – Жодино, 1990. – 34 с.
6. Садыков, Б. С. Усовершенствование мер борьбы с болезнями в целях построения интегрированной системы защиты черной смородины от болезней и вредителей в Нечерноземной зоне РСФСР: Автореф. дис... канд. с.-х. наук / Б. С. Садыков. – М., 1990. – 263 с.
7. Бурмистров, А. Д. Ягодные культуры / А. Д. Бурмистров. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 237 с.

8. Клональное микроразмножение ремонтантных форм малины и подходы к разработке системы трансформации малины / В. В. Вовк [и др.] // Достижения науки и передовой опыт в производство и учебно-воспитательный процесс. – Брянск, 1997. – С. 94-96.
9. Высоцкий, В. А. Особенности клонального микроразмножения некоторых форм ремонтантной малины / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России: сбор. науч. работ. – М., 1996, – С. 90-95.
10. Использование метода микрорационального размножения для ускорения селекционного процесса и производства посадочного материала малины / И. В. Казаков [и др.] // Использование биотехнологических методов для решения генетико-селекционных проблем: сб. докл. / ВНИИГиСПР. – Мичуринск, 1998. – С. 20-22.
11. Казаков, И. В. Итоги и перспективы селекции малины / И. В. Казаков // Проблемы научного обеспечения садоводства России и пути их решения: Сб. докл. / ВНИИСПК. – Орел, 1995. – С. 72-74.
12. Казаков, И. В. Малина / И. В. Казаков, В. В. Кичина. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 76 с.
13. Казаков, И. В. Малина / И. В. Казаков, В. В. Кичина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 71 с.
14. Казаков, И. В. Малина в вашем саду / И. В. Казаков. – Брянск: «Придесенье», 1995. – 144 с.
15. Казаков, И. В. Малина и ежевика / И. В. Казаков. – Москва: «Фолио», 2001. – 256 с.
16. Казаков, И. В. Малина и ежевика / И. В. Казаков. – М., Колос, 1994. – 141 с.
17. Казаков, И. В. Малина без вредителей, болезней и химикатов. Садоводство / И. В. Казаков. – М., Колос, 1993. – С. 18-19.
18. Казаков, И. В. Малина ремонтантная / И. В. Казаков, С. Н. Евдокименко. – М.: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии, 2007. – 288 с.
19. Казаков, И. В. Малина, ежевика и их гибриды / И. В. Казаков, Л. А. Грюнер, В. В. Кичина // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 154 с.
20. Казаков, И. В. Наследование компонентов урожайности в гибридном потомстве ремонтантных сортов и форм малины / И. В. Казаков, Т. В. Носенко // Новое в ягодоводстве Нечерноземья: сб. науч. работ / НИЗИСНП. – М., 1990. – С. 66-73.
21. Казаков, И. В. Новые технологии возделывания малины / И. В. Казаков // Садоводство России. – Тверь: «Дайжест», 1994. – С. 194-195.
22. Казаков, И. В. Перспективы создания ремонтантных сортов малины для машинной уборки урожая / И. В. Казаков, С. Н. Евдокименко // Плодоводство и ягодоводство: сб. науч. работ / ВСТИСП. – М., 2004. – Т. 11. – С. 114-125.
23. Казаков, И. В. Проблемы и перспективы создания сортов малины ремонтантного типа / И. В. Казаков // Селекционно-генетические проблемы развития садоводства в средней полосе европейской части России: сб. докл. / ВНИИГиСПР. – Мичуринск, 1995. – С. 26-29.
24. Селекционная оценка родительских форм малины по степени проявления ремонтантности плодоношения / И. В. Казаков [и др.] // Современные проблемы генетики и селекции плодовых и ягодных культур и пути их решения: сб. докл. / ВНИИГиСПР. – Мичуринск, 1999. – С. 81-83.
25. Селекционные возможности защиты насаждений малины от патогенов и вредителей / И. В. Казаков [и др.] // Актуальные вопросы теории и практики защиты плодово-ягодных культур от вредных организмов в условиях многоукладности сельского хозяйства. – М., 1998. – С. 336-340.
26. Казаков, И. В. Селекция малины в средней полосе РСФСР / И. В. Казаков. – Тула: Приокское книжное издательство, 1989 – 217 с.