

УДК 664+636.085

doi: 10.17223/19988591/18/9

С.Н. Удинцев¹, Т.П. Жиликова²

¹ Сибирский государственный медицинский университет (г. Томск, Россия)

² Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа Россельхозакадемии (г. Томск, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Важнейшим фактором, влияющим на состояние здоровья нации, является нарушение питания, в первую очередь дефицит в продуктах органо-минеральных комплексов, витаминов и фитохимических соединений. Эти нарушения являются причиной развития алиментарно-зависимых заболеваний. Улучшение показателей продуктов питания по составу микронутриентов и снижению контаминации экзотоксинами является важнейшим элементом пищевой безопасности. Существует ряд подходов для решения этой проблемы: обогащение готовых продуктов дефицитными микронутриентами либо применение их в виде биологически активных добавок к пище; включение в растения дополнительных количеств микроэлементов путем их внекорневой подкормки или посредством гидропонных технологий для регуляции биосинтеза определенных микронутриентов; биообогащение растений, включающее методы генной инженерии, селекции или применение определенных субстанций для регуляции биосинтеза растениями необходимых соединений. Теоретической основой для развития биообогащения является нутриомика (иономика), согласно которой микроэлемент является сигналом или субстратом, стимулирующим ряд биохимических процессов в растительной клетке, которые могут регулироваться на геномном, транскрипционном, трансляционном и метаболическом уровнях. Изменения метаболизма растений также возможно достичь в результате применения некоторых регуляторов природного происхождения, в том числе на основе гуминовых веществ торфа.

Ключевые слова: нарушение питания; фитонутриенты; микронутриенты; биообогащение; агротехнологии.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), основным фактором, определяющим на 52–55% здоровье нации, являются социально-экономические условия и образ жизни, в первую очередь – качество питания, что существенно более значимо, чем экологическая обстановка (20–25%), генетическая предрасположенность (18–20%), уровень развития системы здравоохранения (8–12%). Доказано, что 80% заболеваний связано с нарушениями питания, а 41% непосредственно ими детерминировано (Европейское региональное бюро ВОЗ, Копенгаген, 2003). Неудивительно, что алиментарно-зависимые (зависящие от фактора питания), или хронические неинфекционные, заболевания имеют все более широкое распространение. К данным заболеваниям относятся в первую очередь ожирение, сахарный

диабет и другие метаболические заболевания, иммунодефициты, остеопороз, многие доброкачественные и злокачественные опухоли, заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, включая дисбактериозы, в значительной степени патология беременности. Высокий уровень заболеваемости влечет за собой повышение смертности и снижение рождаемости. Нарушения питания в большинстве стран мира в настоящее время связаны не с дефицитом основных компонентов пищи – макронутриентов (белков, углеводов, липидов): на первый план вышла проблема так называемой *malnutrition* – качественной неполноценности питания – недостатка микронутриентов – витаминов, микроэлементов, фитохимических соединений (биологически активных веществ растительного происхождения), играющих важнейшую роль в жизнедеятельности организма. Данная проблема в полной мере касается и России. По данным НИИ питания РАМН, у 60–80% населения выявляется круглогодичный дефицит витамина С, у 50–60% – витаминов Е и группы В, у 30% – витамина А, у 70% – фолиевой кислоты. Полигиповитаминоз сочетается с дефицитом селена, йода, железа, кальция, цинка, фтора и других макро- и микроэлементов. В целом, нарушения питания отмечаются практически у 100% россиян, определяя на 75% риск преждевременной смерти (в развитых зарубежных странах этот показатель не превышает 36%).

В качестве одной из основных причин дефицита микронутриентов в пище рассматривается прогрессирующее снижение их уровня в продуктах сельского хозяйства, предназначенных как для потребления человеком в натуральном виде либо после переработки, так и для использования в качестве кормов в животноводстве. Так, уровень кальция, железа и магния в ряде растительных культур снизился к настоящему времени, по сравнению с 1914 г., более чем в 10 раз. Только за последние 30 лет содержание железа, магния, фосфора, витамина С уменьшилось в таких популярных фруктах, как яблоки, на 40–60%. В свою очередь, дефицит микронутриентов в кормовых культурах не только приводит к развитию целого ряда тяжелых заболеваний сельскохозяйственных животных, снижению интенсивности роста, репродуктивной активности, но и является причиной уменьшения их количества в конечных продуктах животноводства, предназначенных для потребления человеком. Так, за те же 30 лет содержание железа, витаминов группы В в говядине и птичьим мясе упало на 30–70%, а витамин А уже практически не определяется [1].

В значительной степени данная тенденция связана с массовым внедрением интенсивных технологий производства сельскохозяйственной продукции с применением химических удобрений, пестицидов, различных стимуляторов роста, гормонов. Использование подобных технологий, несмотря на повышение продуктивности, ведет не только к снижению уровня микронутриентов в получаемых продуктах питания, но и к их контаминации токсическими соединениями. Известно, что основную часть таких экзотоксинов

человек получает именно с пищей – порядка 80% солей тяжелых металлов и нитратов, 95% ядохимикатов и радионуклидов. Так, даже в России, где применение подобных средств существенно ниже, чем за рубежом, в среднем около половины основных пищевых продуктов (хлебобулочных изделий, круп, чая, сливочного масла, твердых сыров, рыбопродуктов, мясных и молочных консервов), бракуется по показателям безопасности. В качестве еще одной причины снижения пищевой ценности продуктов следует назвать бурное развитие новых агрессивных технологий переработки сырья и производства готовой продукции, массовое производство рафинированных продуктов.

Повышение содержания дефицитных микронутриентов в продуктах питания и снижение уровня их контаминации рассматривается в настоящее время в качестве важнейших элементов концепции безопасности питания [2]. В России также Указом Президента РФ (Приказ № 120 от 30 января 2010 г.) утверждена Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Согласно этому документу, основными задачами, стоящими перед агропромышленным комплексом и пищевой промышленностью, являются достижение продовольственной независимости страны за счет повышения удельного веса отечественной сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, а также обеспечение безопасности и качества потребляемых пищевых продуктов, в том числе и увеличения содержания в них дефицитных микронутриентов.

Для решения этих задач в настоящее время используются следующие методические подходы:

1. Обогащение (fortification) готовых продуктов витаминно-минеральными комплексами (премиксами) и фитохимическими соединениями либо использование данных компонентов в форме концентратов – биологически активных добавок (БАД) к пище [3]. Подобные продукты, например, в США потребляют около 70% населения, в то время как в России – не более 10–15%.

2. Применение агротехнологий, обеспечивающих включение в питание растений дополнительных микроэлементов. В контексте традиционной агрономии питание растений обусловлено мобилизацией, включением и усвоением незаменимых (лимитирующих) элементов, а также их влиянием на рост растения, развитие, репродукцию и адаптацию к окружающей среде. Для высших растений незаменимыми являются 17 элементов, из которых 14 – минералы, которые растение в основном получает из почвы: Ca^{2+} , NO_3^- , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mo^{6+} , SO_4^{2-} , Cu^{2+} , PO_4^{3-} , Ni^{2+} , NH_4^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cl^- , K^+ , B^{3+} [4]. Микроэлементы могут присутствовать в растениях в ионизированной форме либо в виде органоминеральных комплексов, в первую очередь с белками, являясь компонентами ферментов (металлоферментов), витаминов, гормонов, дыхательных пигментов. Эффекты таких соединений проявляются в комплексном регуляторном воздействии на метаболизм растения, в том числе и на процесс биосинтеза ими так называемых вторичных растительных ингредиентов (метаболитов) – фитохимических соединений

(phytochemicals), фитонутриентов (phytonutrients). Данные соединения не играют жизненно важной роли в метаболизме растений и предназначены для повышения их резистентности к неблагоприятным факторам окружающей среды биотической и абиотической природы. В то же время многие из этих соединений крайне значимы для организма человека [5]. Так, широко известна высокая антиоксидантная активность биофлавоноидов. Перспективным является применение для профилактики и повышения эффективности лечения сахарного диабета органических соединений ванадия – микроэлемента, проявляющего свойства инсулиномиметика [6]. Обсуждаются перспективы использования фитонутриентов для повышения функциональной активности головного мозга человека [7]. В целом, около половины всех лицензированных лекарственных средств, зарегистрированных в мире до 2007 г., является продуктами растительного происхождения либо их синтетическими аналогами [8]. В России уровень потребления многих фитонутриентов регламентируется, в частности, рекомендациями, разработанными НИИ Питания РАМН [9].

Зависимость между уровнем потребления растением микроэлементов и образованием в них определенных фитохимических соединений известна давно. Так, растения – «суперконцентраторы» марганца и меди – отличаются повышенным уровнем витаминов С и группы В; кобальта – витамина В₁₂; марганца, меди, молибдена, кобальта – гликозидов; меди и хрома – витаминов К, С, каротиноидов; марганца, меди, хрома, никеля – дубильных веществ и антоцианов; хрома и ванадия – полисахаридов [10, 11]. Распределение минералов и фитонутриентов в растении также имеет специфику в зависимости от его органа и ткани [12].

Известно, что потребление растением микроэлементов составляет не более 1% от содержания их в почвах. Для повышения уровня минералов в растении используется, например, такая методика, как опрыскивание листьев. Так, в Финляндии подобный подход обогащения пшеницы селеном позволил за 14 лет увеличить уровень потребления этого минерала населением с 25 до 124 мкг/день, а обогащение селеном кормовой пшеницы – повысить его содержание в мясе скота. Подобные технологии разработаны также и для обогащения кормов молибденом, никелем, цинком, йодом [13]. В рамках подобного подхода следует рассматривать и различные гидропонные технологии проращивания семян. Так, показано, что обогащение питательной среды селеном в форме SeO_4^{2-} стимулирует в проростках брокколи и лука синтез метилселеноцистеина (MeSeCys) – небелковой аминокислоты, обладающей у человека выраженным хемопротективным действием [14].

Применение растений, содержащих повышенные уровни определенных фитохимических соединений, в сельскохозяйственной практике также распространено. Такие компоненты рациона, получившие название фитогенные кормовые добавки (фитогеники, phytogenics, фитобиотики), проявляют антиоксидантный и антимикробный эффекты, способны улуч-

шать вкусовые качества и, соответственно, поедаемость кормов, благоприятно влияют на функцию желудочно-кишечного тракта. В целом они предназначены для повышения продуктивности поголовья животных и птиц, стимуляции воспроизводства, улучшения потребительских свойств продукции [15]. Специфика применения в животноводстве фитогеников активно обсуждается в специализированной зарубежной литературе начиная с 2000 г. Интерес к ним связан с ограничением на применение в сельскохозяйственной практике ряда синтетических антибиотиков и стимуляторов роста, введенным в странах Евросоюза в 1999 г., еще большим ужесточением таких требований в 2006 г. и перспективами дальнейшего запрета подобных препаратов во многих государствах [16]. Фитогеники, в отличие от таких средств, могут применяться у здоровых животных практически в течение всей их жизни, а не только ограниченное время в соответствии с определенными показаниями. Одним из наиболее известных фитогеников является трава тимьяна (*Thymus vulgaris*) [17]. Исследованиями, проведенными СибНИИСХиТ Россельхозакадемии совместно с Ботаническим садом Томского государственного университета (г. Томск), показано, что свойствами фитогеников обладает трава копеечника альпийского. При применении у молочных поросят их гибель от желудочно-кишечных и бронхо-легочных заболеваний снизилась по сравнению с контролем на 12,4% [18].

3. Разработка и внедрение агротехнологий, направленных на изменение метаболизма растений с целью регуляции уровня включения содержащихся в почве макро- и микроэлементов и трансформации их в биодоступные для организма человека и животных органоминеральные комплексы и фитохимические соединения. Это направление, получившее название биообогащение (biofortification), активно реализуется Международным институтом изучения проблем питания (Вашингтон) в рамках международной программы «Harvest Plus» [19]. Основными технологиями биообогащения являются создание генетически модифицированных либо выведенных путем селекции новых сортов растений, отличающихся повышенным содержанием определенных минералов, витаминов и других фитонутриентов, а также изыскание методов регуляции синтеза растениями данных микро-нутриентов.

Биообогащение рассматривается в настоящее время как наиболее перспективное, передовое и экономически оправданное направление повышения качественных показателей сельскохозяйственной продукции в первую очередь за счет ликвидации дефицита таких нутриентов, как каротиноиды, железо, йод и цинк в рационе питания более половины населения земного шара, проживающего преимущественно в развивающихся странах [20]. Биообогащение растений железом рассматривается как реальный путь ликвидации железодефицитных состояний, в том числе анемий, выявляемых, согласно данным WHO (World Health Organization), у

41% женщин и 27% детей [21]. Кроме того, имеются данные, что провитамины и витамины, образующиеся в растениях, подвергнутых различным методам биообогащения, имеют большую биодоступность для организма человека. Это показано, в частности, для витамина А, образующегося в организме человека из его провитамина, синтезируемого в «биообогащенных» рядом минералов бананах [22]. Усвоение цинка из пшеницы, биообогащенной этим важнейшим микроэлементом, у женщин было на 2,7–5,7 мг/день выше (суточная норма 12 мг), чем при потреблении обычной пшеницы [23].

В целом, в научном мире укрепилось мнение, что такой метод обеспечения человека витаминами является, безусловно, перспективным [24]. Перспективам биообогащения продуктов питания цинком, железом, каротиноидами, токоферолом, полиненасыщенными жирными кислотами, пантотеновой кислотой (витамином В₉), аскорбиновой кислотой, глутатионом, фолиевой кислотой, витамином В₂ посвящен специальный выпуск журнала «Physiol Plant» в 2006 г., а вводная статья носит весьма оптимистичное название «Новая эра в исследовании метаболизма растений открывает блестящие перспективы для биообогащения и питания человека» [25]. Биообогащение рассматривается также как метод повышения резистентности растений к различным видам абиотического стресса: повышенной температуре, УФ-облучению, возрастающему уровню активных форм кислорода и азота, различным контаминантам [26].

Теоретическим базисом для разработки таких технологий является концепция, получившая название нутриомика (иономика). В рамках нутриомики нутриент-минерал рассматривается как сигнальная молекула либо субстрат, инициирующий комплекс биохимических процессов в клетках растения, которые, в свою очередь, могут регулироваться на геномном, транскриптомном, протеомическом (в данном случае биосинтетическом) и метаболическом уровнях. Таким образом, нутриомика позволяет выявлять интегрированные функции и взаимоотношения нутриентов-минералов на различных иерархических уровнях – молекулярном, клеточном, органном и макроуровне [27].

Большинство разработок по биообогащению, проводимых в рамках концепции нутриомики, направлено, в конечном счете, на модификацию белковых компонентов транспортных систем минералов и металлоферментов, участвующих в биосинтезе определенных фитохимических соединений. Известно, что поступление минералов в растения осуществляется как путем диффузии, так и с помощью специфичных транспортных систем. Такие высокоэффективные транспортные системы описаны, например, для Fe²⁺ [28]. Для растения они исключительно важны, поскольку лимитируют синтез фермента никотинаминсинтетазы, катализирующего образование никотинамина, играющего важнейшую роль в гомеостазе железа и цинка у высших растений [29]. В механизме действия таких

транспортных систем для катионов ведущую роль играет семейство белков толерантности к металлам (metal tolerance proteins, MTPs), которые идентифицированы во многих растениях и являются специфичными для Zn^{2+} , Mn^{2+} и Fe^{2+} [30].

Нутриомика растений активно развивается во многих странах, в том числе в Китае, где с ее помощью в настоящее время свершается «Вторая зеленая революция», которая базируется на применении растений, адаптированных к почвам с низким плодородием. Первая подобная «революция» происходила в 1960-е гг., целью которой было формирование высокого плодородия почв, и она характеризовалась массовым и подчас неоправданным применением минеральных удобрений. Последствия ее были весьма печальны – в 2010 г. в 13 из 29 провинций страны почва, благодаря повышенному содержанию в ней азота, оказалась практически не пригодной для земледелия [31]. В настоящее время в Китае активно применяется методология «биообогащения» в рамках упомянутой международной программы HarvestPlus, конкретно – ее подпрограммы HarvestPlus China. Основные проекты, осуществляемые в стране в соответствии с этой подпрограммой, – разработка методов обогащения растений биодоступным железом (4 проекта), цинком (1 проект), провитамином А – каротиноидами (2 проекта) (<http://www.harvestplus-china>).

Изменение метаболизма растений возможно также в результате воздействия различных регуляторов природного происхождения, в частности на основе гуминовых веществ торфа. Эти соединения обладают свойствами тончайших регуляторов биохимических и физиологических процессов в растительной клетке, что предполагает широкий спектр проявления их физиологической активности, в частности возможность усиления биосинтеза в растениях биологически активных веществ [32, 33]. Подобные эффекты биологически активных гуминовых соединений позволяют рассматривать применение препаратов на их основе в качестве одного из методов биообогащения. Более того, подобный подход позволит получать продукты растениеводства, лишенные недостатков, свойственных генетически модифицированным культурам, и, тем самым, приблизить их по качественным характеристикам к экологическим продуктам. Наиболее целесообразно применять такие технологии для выращивания зерновых культур, широко используемых не только для производства хлебобулочных изделий, но и в качестве зеленых кормов для животноводства. Так, в исследованиях, проведенных в СибНИИСХиТ, показано, что обработка вегетирующих растений пшеницы растворами препаратов торфа в малых дозах (0,01–0,0001%) позволяет увеличить содержание белка в зерне на 15%, а сбор белка с гектара – на 18%. При обработке семян озимой ржи осенью перед посевом либо весной выявлено повышение содержания на 15–22% в зеленой массе содержания витаминов E, B₁, B₂, B₆, пантотеновой кислоты, ниацина, каротиноидов. В ходе совместных исследований с Томским государственным университе-

том выявлено, что малые дозы этих препаратов способствуют повышению в 4–6 раз ростового индекса клеток культуры княжика сибирского (*Astragene sibirica* L.) и увеличению количества разновидностей фитохимических соединений, синтезируемых данными клетками [34].

Таким образом, в настоящее время разработаны и успешно применяются технологии повышения пищевой ценности продуктов питания. Наибольший интерес представляют те из них, которые основаны на регуляции метаболизма клеток растений посредством направленного изменения потребления ими нутриентов – микроэлементов. Использование таких технологий позволяет обогатить растения, предназначенные как для потребления человеком, так и для использования в качестве кормов сельскохозяйственными животными, органоминеральными комплексами, витаминами, фитохимическими соединениями, обладающими широким спектром биологических эффектов, способствующими снижению уровня алиментарно-зависимых заболеваний и смертности от данных патологий.

Результаты исследования были представлены автором на Международной молодежной научной школе «Пищевые технологии и биотехнологии» (Томск, 18–22 июня 2012 г.), организованной ФГБ ОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (ГК № 12.741.11.0112 от 14 мая 2012 г.).

Литература

1. Спиричев В.Б. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Сообщение 1. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции // Вопросы питания. 2010. № 5. С. 4–14.
2. Beddington J. Food security: contributions from science to a new and greener revolution // Philosophical Transaction of the Royal Society. Biological Sciences. 2010. Vol. 365, № 1537. P. 61–71.
3. Позняковский В.М., Шатнюк Л.Н., Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. Новосибирск : Сиб. универ. изд-во, 2005. 548 с.
4. Epstein E., Bloom A.J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2004. 2nd edn. Sunderland, MA : Sinauer Associates. 546 p.
5. Martini C., Butelli E., Petroni K., Tonelli C. How Can Research on Plants Contribute to Promoting Human Health? // The Plant Cell. 2011. Vol. 23, № 5. P. 1685–1699.
6. Краснов Е.А., Якимова Т.В., Удинцев С.Н. и др. Гипогликемическое действие растительного полиэкстракта // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. № 12. С. 34–38.
7. Kennedy D.O., Wightman E.L. Herbal Extracts and Phytochemicals: Plant Secondary Metabolites and the Enhancement of Human Brain Function // Advanced Nutrition Journal. 2011. Vol. 2. P. 32–50.
8. Newman D.J., Cragg G.M. Natural products as sources of new drugs over the last 25 years // Journal of Natural Products. 2007. Vol. 70. P. 461–477.

9. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432–08. М., 2008. 39 с.
10. Ноздрюхина Л.П., Гринкевич Н.И. Нарушения минерального обмена и пути его коррекции. М. : Наука, 1980. 280 с.
11. Poscheinrieder C., Allue J., Tolra R. et al. Trace Elements and Plants Secondary Metabolism: Quality and Efficacy of Herbal Products // Trace Elements as Contaminants and Nutrients / ed. by M.N.V. Prasad Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008. P. 99–120.
12. Conn S., Gilliam M. Comparative physiology of elemental distributions in plants // Annals of Botany. 2010. № 105 (7). P. 1081–1102.
13. Prasad M.N.V. Biofortification: Nutritional Security and Relevance to Human Health // Trace Elements as Contaminants and Nutrients / ed. by M.N.V. Prasad Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey, 2008. P. 161–182.
14. Arscott S., Goldman I. Biomass Effects and Selenium Accumulation in Sprouts of Three Vegetable Species Grown in Selenium-enriched Conditions // HortScience. 2012. Vol. 47, № 4. P. 497–502.
15. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry // Journal of Animal Science. 2008. Vol. 86. P. E140–E148.
16. European Commission. 2003. Regulation (EC) №. 1831/2003 of the European Parliament and of the council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition // Official Journal of European Union. 2003. Vol. 268. P. 29–43.
17. Удинцев С.Н., Жиякова Т.П., Мельников Д.П. Перспективы применения травы и шрота чабреца // Свиноводство. 2010. № 5. С. 18–21.
18. Жиякова Т.П., Свиридова Т.П., Зиннер Н.С. и др. Применение травы копеечника альпийского для повышения эффективности выращивания поросят-сосунков // Научное обеспечение агропромышленного комплекса России : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Р.Г. Гареева. Казань : Центр инновационных технологий, 2012. С. 387–390.
19. Position of the American Dietetic Association: food fortification and dietary supplements // Journal of American Dietetic Association. 2001. № 1, vol. 101(1). P. 115–125.
20. Gibson T. Strategies for preventing micronutrient deficiencies in developing countries // Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 2004. Vol. 13 (Suppl). P. S23.
21. Stoltzfus R.J. Iron Interventions for Women and Children in Low-Income Countries // J. of Nutrition. 2011. Vol. 141, № 4. P. 756S–762S.
22. Bresnahan K.A., Arscott S., Tanumihardjo S. Vitamin A bioefficacy of traditional and provitamin A-biofortified banana // FASEB J. 2011. Vol. 25, № 96.2.
23. Rosado J.L., Hambidge K.M., Miller L.V. et al. The Quantity of Zinc Absorbed from Wheat in Adult Women Is Enhanced by Biofortification // Journal of Nutrition. 2009. Vol. 139, № 10. P. 1920–1925.
24. Fitzpatrick T.B., Basset G.J.C., Borel P., Carrar F. Vitamin Deficiencies in Humans: Can Plant Science Help? // The Plant Cell February 2012. Vol. 24, № 2. P. 395–414.
25. Foyer C.H., Della P.D., Van Der Straeten D. A new era in plant metabolism research reveals a bright future for bio-fortification and human nutrition // Plant Physiology. 2006. Vol. 126 (3). P. 289–290.
26. Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era Climate Change / ed. by P. Ahmad, M.N.V. Prasad. Springer Science+ Business Media, LLC, 2012. 516 p.
27. Memon A.R., Yildizhan Y., Kaplan E. Metal Accumulation in crops – Human Health Issues. // Trace Elements as Contaminants and Nutrients / ed. by M.N.V. Prasad. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008. P. 81–98.

28. Conte S.S., Walker E.L. Transporters Contributing to Iron Trafficking in Plants // *Molecular Plant*. 2011. № 4 (3). P. 464–476.
29. Hofmann N.R. Nicotianamine in Zinc and Iron Homeostasis // *Plant Cell*. 2012. Vol. 24. P. 373.
30. Podar D., Scherer J., Noordally Z. et al. Metal Selectivity Determinants in a Family of Transition Metal Transporters // *The Journal of Biological Chemistry*. 2012. Vol. 287. P. 3185–3196.
31. Yan X., Wu P., Ling H. et al. Plant Nutriomics in China: An Overview // *Annals of Botany*. 2006. Vol. 98(3). P. 473–482.
32. Бузлама В.С., Шабунин С.В. Структура и биологическая активность гуминовых веществ // *Ветеринария*. 2007. № 6. С. 48–50.
33. Чуков С.Н. Гуминовые вещества: результаты и перспективы исследований // *Гуминовые вещества в биосфере : тез. докл. III Всерос. конф. СПб., 2005*. С. 50–51.
34. Титова Э.В., Удинцев С.Н., Кравец А.В. и др. Механизм действия малых доз препаратов из торфа на растения // *Плодородие*. 2005. № 3. С. 23–25.

Поступила в редакцию 21.05.2012 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2012. № 2 (18). P. 81–91

doi: 10.17223/19988591/18/9

Sergey N. Udintsev¹, Tatiana P. Zhilyakova²

¹*Syberian State Medical University, Tomsk, Russia*

²*Siberian Research Institute of Agriculture and Peat of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Tomsk, Russia*

MODERN METHODS OF INCREASING AGRICULTURAL PRODUCTS NUTRITIONAL VALUE

One of the basic factors defining the health of a nation is nutrition quality. Malnutrition, the deficiencies of vitamins, organo-mineral complexes, phytochemicals, is common in a great number of countries and is a cause of “alimentary-dependent” diseases – obesity, diabetes, pathology of heart and gut and oncological diseases. In Russia, the problem of malnutrition is acute.

The main reason for micronutrients deficiency in food is a result of their decreasing in agricultural products because of extensive manufacture technologies. The amelioration of food products for micronutrients content and contamination decreasing is one of the most important elements of food security.

There are several approaches to solve this problem. One of them is fortification of ready food products with deficient micronutrients (conventional food) or their application in a form of dietary supplements (nutraceuticals). The next approach is application of agrotechnologies, providing fortified plants with an additional quantity of microelements by means of out-of-roots treatment or by means of hydroponic technologies.

The definite elements in plants are known to participate in the synthesis of vitamins, organo-mineral complexes and phytochemicals which play an important role in preventing diseases and increasing host functional activity. The plants with an increased level of some phytonutrients are applied as well in agriculture as food additives – phytogenics. One more way is to develop and apply agrotechnologies to change plants metabolism for regulating microelements in plants. This direction, biofortification, includes conventional selective breeding, genetic engineering or application of definite

substances for regulating plants biosynthesis of some micronutrients. The theoretical basis of biofortification methodology is plants nutriomic (ionomic). According to nutriomic, a microelement as a signal or a substrate stimulates a number of biochemical processes in the cell that can be regulated at transcriptional, translational or metabolic levels. Plants nutriomic is implemented, for example, in China, where the problem of carotinoids, zinc or iron in food products is very crucial. The change of plants metabolism is possible as a result of some natural origin regulators application, including peat humic acids. The treatment of vegetating wheat with these substances solutions was shown to increase the protein amounts in grain, the level of E, B₁, B₂, B₃, B₆, B₉ and carotenoids. In experiments, these substances increased the growth index and the variety of phytochemicals of plants cells in culture.

Key words: *nutrition disturbances; phytonutrients; biofortification; micronutrients; agrotechnologies.*

Received May 21, 2012