



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД  
ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ  
2021



# МИКРОЗЕЛЕНЬ

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ XXI ВЕКА



**Анна Пашкевич,**  
завсектором бобовых  
овощных культур  
Института овощеводства,  
аспирант



**Андрей Чайковский,**  
директор Института  
овощеводства, кандидат  
сельскохозяйственных наук

Рост населения, увеличение частоты экстремальных погодных явлений из-за изменения климата, высокие и неустойчивые цены на продовольствие и продолжающиеся финансовые и экономические кризисы препятствуют достижению целей, сформулированных в Декларации тысячелетия, по сокращению доли людей, страдающих от голода, под которым понимается отсутствие потребления белка и энергии из основных продуктов питания. В дополнение к этому ФАО в 2011 г. было введено понятие скрытого голода, относимое к недостатку фитонутриентов, содержащихся в овощах и фруктах. Минеральные и витаминные дефициты, связан-

часть I



ные с недоеданием и хроническими заболеваниями, лучше всего преодолеваются с помощью различных диет с использованием высокоценной растительной продукции.

Как следствие, за последние двадцать лет спрос на новые функциональные пищевые продукты увеличивается – они нужны потребителям, чтобы поддерживать здоровье и частично заменять лекарственные препараты, обеспечивая долгожительство [1].

Минеральное недоедание считается одной из важнейших глобальных проблем для человечества, которую можно предотвратить [2]. По данным ученых, более 60% из 7 млрд человек в мире Fe-дефинитивны, более 30% – Zn-, а 15% – Se-дефинитивны. Кроме того, недостаток Ca, Mg и Cu в пище также распространен в развитых и развивающихся странах [3]. Исследования показывают, что потребление овощей связано с сокращением хронических заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые и др. FAO и ВОЗ подчеркнули необходимость увеличения их в рационе, поскольку они являются важными компонентами здорового питания [4]. По этой причине на 74-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 2021 г. был объявлен Международным годом овощей и фруктов (МГОФ). Генеральный директор FAO подчеркнул, что пандемия COVID-19 заставила человечество искать новые пути в борьбе с голодом и неполноценным питанием, и МГОФ продемонстрирует новые возможности [5].

Овощи могут быть источником нитрата ( $\text{NO}_3^-$ ) из-за использования сельскохозяйственных удобрений. Сам по себе он нетоксичен, но около 5% потребляемого нитрат-иона распадается в желудочно-кишечном тракте до более токсичных аниона нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ), оксида азота NO и N-нитрозосоединений, которые могут приводить к различным расстройствам, например метагемоглобинемии, осо-

бенно у детей [6]. В связи с этим последние мировые тенденции направлены на изучение вопросов выращивания овощей со сниженным содержанием нитратов и повышенным – минеральных компонентов.

Наряду со все более часто встречаемым минеральным дефицитом и проявлением некоторых заболеваний, связанных с недобросовестным использованием нитратных удобрений, встают вопросы обеспечения достаточным количеством пищи и воды населения Земли и сохранения биоразнообразия нашей планеты. Сельское хозяйство сталкивается с последствиями изменения климата, усилением конкуренции за воду и продуктивные земли, продолжением миграции из сельских районов в городские, растущим социальным беспокойством по поводу качества пищевых продуктов. Одним из подходов к решению этих проблем является увеличение сельскохозяйственного производства на единицу площади, но этого, вероятно, не будет достаточно. Уже сегодня ставится вопрос не о расширении площадей пахотных земель и дальнейшем сокращении природных территорий, а о культивировании растений без почвы, например выращивании овощей в городских районах на протяжении всего года без применения удобрений и средств защиты, что экономически выгодно [7].

В мире существуют многочисленные инициативы по изменению существующих моделей производства и потребления пищевых продуктов, например «Дорожная карта к ресурсоэффективной Европе к 2050 г.», движение «Slow Food», проект «Тысяча садов в Африке» и др. [1]. Объединяющие как производителей, так и потребителей, они приводят к поиску новых форм выращивания высокоценных в белковом, минеральном и витаминном отношении растительных продуктов, к которым относится и микрозелень.



## ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

В начале 1980-х гг. в Сан-Франциско (США) в меню ресторанов начал появляться новый органический растительный продукт – микрозелень. Повара использовали его в качестве акцента для закусок, бутербродов, салатов, основных блюд и даже десертов, чтобы подчеркнуть их красоту, вкус и свежесть [8]. Последние два десятилетия он активно применяется и в других странах, особенно азиатских [9].

Микрозелень (*microgreens*), также известная как «овощное конфетти», или микропряноотравье (*microherbs*), в случае ароматических трав, – новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, выращенная из семян овощей, пряно-ароматических трав или зерновых культур, включая дикие виды [3].

В зависимости от вида и условий культивирования ее обычно собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены, в течение 7–20 дней после прорастания семян в зависимости от вида [10]. Растения срезают при достижении высоты от 3 до 9 см, без корешков. Съедобные части – стебель, листья и семядольные листочки с первым настоящим листом. Несмотря на свои небольшие размеры, этот продукт способен обеспечить целый спектр интенсивных вкусов (сладкий, нейтральный, кислый, пряный) и ароматов, ярких цветов (зеленый, желтый, красный, фиолетовый) и различных текстур (мягкая, хрустящая, сочная) [8].

Наиболее часто используемые виды для производства микрозелени принадлежат семействам *Brassicaceae* (капуста цветная, пекинская, листовая, савойская, японская, красно- и белокочанная, кольраби, брокколи, кресс-салат, редис, индау посевная, двурядник тонколистный, горчица сарептская), *Asteraceae* (салат-латук, цикорий, эскариол, эндивий, цикорный салат), *Ariaceae* (укроп, морковь, сельдерей, кориандр, петрушка, фенхель, кервель, тмин), *Alliaceae* (чеснок, лук репчатый, шнитт, батун, лук-порей), *Amarantaceae* (амарант, лебеда, мангольд, свекла столовая, шпинат), *Cucurbitaceae* (дыня, огурец, тыква) [8]. Особую популярность приобрело семейство *Fabaceae*, в частности такие виды, как горох посевной, соя культурная, чечевица пищевая, реже – бобы мунг или маш, бобы овощные, турецкий горох или нут бараний, которые содержат генотипы, удовлетворяющие высоким вкусовым требованиям и полезности для здоровья чело-

века [11]. Также используются зерновые (овес, пшеница, кукуруза, ячмень, рис), масличные культуры (подсолнечник), различные виды ароматических растений (базилик, чабер, фенхель, иссоп, котовник, душица, тимьян, майоран) [8].

Различают сочные виды (солерос, фенхель, мангольд, подсолнечник), хрустящие (сельдерей) и нормальной консистенции. Вкус может быть нейтральным (шпинат), слегка кисловатым (свекла и солерос), пряным (кресс-салат, редис, двурядник, горчица, индау), горьким (часто у тыквенных). Запах – как интенсивным (у ароматических трав), так и тонким, едва уловимым (характерно для многих видов овощей). Цвет – зеленым (брокколи, редис, двурядник, сельдерей, шпинат), желтым (этиолированный горох, этиолированная кукуруза), красным (лебеда, амарант, марь), малиновым (капуста краснокочанная, редис, перилла, базилик фиолетовый) или пестрым (свекла, щавель, горчица) [8].

Обычно микрозелень потребляется в сыром виде: благодаря сохранению всех полезных свойств она относится к категории функциональных продуктов, способствующих укреплению здоровья [3]. Зарубежные исследователи выявили, что она содержит большее количество фитонутриентов (аскорбиновая кислота, β-каротин, α-токоферол и филлохинон), минералов (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se и Mo) и меньше нитратов по сравнению с аналогами из зрелых листьев, плодов и семян [11].

Спрос на этот продукт зависит от новых гастрономических тенденций и уровня осведомленности потребителей [12]. Компании, которые занимаются его производством на коммерческой основе, обычно кратко описывают вкус каждого вида и предлагают варианты использования в блюдах. При этом линии для выращивания зачастую являются коммерческой тайной и запатентованы. Многие из них были получены в Азии и, скорее всего, не подверглись и не подвергнутся крупному распространению, чтобы гарантировать первоначальное богатство вкусов и ароматов микрозелени, особенно полученной из диких и полудиких видов [1].

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА

Выращивание «овощного конфетти» еще находится в стадии интенсивного изучения, с ограниченными доступными научными данными, однако в мире исследования расширяются, давая тем самым представления об огромном потенциале этого суперпродукта.



## ПОДГОТОВКА СЕМЯН

При производстве микрозелени семена требуются в большом количестве и представляют собой значительную статью затрат [13]. В отличие от проростков, вспышки пищевых отравлений микробного происхождения, связанные с их выращиванием в темных, насыщенных влажностью условиях, способствующих распространению микробов, до сих пор не были связаны с микрозеленью [3]; однако существует системный риск из-за загрязненных семян, что повышает требования к их микробиологическому качеству [14]. Необходимы профилактические санитарные процедуры для устранения патогенных бактерий, грибов и вирусов. Семена можно продезинфицировать в растворах гипохлорита натрия или кальция, спирта, яблочной или молочной кислоты при различных концентрациях, а также использовать физические методы (тепло, высокое давление и облучение) или комбинированную физическую и химическую предпосевную обработку.

Выбор способа зависит от биологических особенностей овощной культуры и связан с сохранением жизнеспособности семян, энергии их прорастания и дальнейшего роста, а окончательное решение принимается после изучения на конкретных культурах [14].

При обработке низкими положительными температурами (5–10 °С) семена раскладывают на влажную подложку, чтобы они могли поглощать воду и кислород. При этом происходит увеличение скорости роста и равномерности всходов, даже в условиях стресса. Продолжительность воздействия зависит от температуры и вида овощной культуры. На семенах салата-латука, которые хранились в условиях выше 20 °С (термопокой), такой прием эффективен при использовании в период не более 48 ч.

Для подавления вирусной инфекции семена тыквенных культур прогревают в термостате в течение 2–3 ч при 60 °С. Во избежание их запаривания температуру необходимо повышать постепенно и осуществлять периодическое помешивание. По окончании процедуры их следует вывести из теплового шока, поместив на несколько минут в холодильник. Такая термотерапия также способствует уничтожению возбудителей бактериальных болезней и более дружному прорастанию [8].

Для барботирования можно воспользоваться аквариумным компрессором, обрабатывая замоченные в воде семена пузырьками кислорода или воздуха в течение 12–20 ч, что практически полностью освобождает их от поверхностной вредной микрофлоры.

Семена моркови, шпината и некоторых других культур являются трудновсхожими. В зависимости от причины этого подбирают соответствующий способ под-

готовки к посеву. Так, для моркови, петрушки, сельдерея, укропа и кориандра целесообразно проводить 4–6-кратное замачивание в воде в сочетании с высушиванием в течение 2 суток. Такая обработка позволяет освободить семена от эфирных масел, являющихся естественными ингибиторами прорастания. Эффективно и барботирование в течение 18–24 ч. Этот прием также подходит для семян свеклы, шпината, щавеля и лука-чернушки, трудновсхожесть которых обусловлена твердостью или большой толщиной оболочки.

Прорастание можно ускорить и путем прогревания в горячей воде. Семена лука-чернушки необходимо выдерживать в ней в течение 8 ч при 40 °С (по окончании их нужно обязательно поместить в холодную воду). Семена укропа, моркови, сельдерея и свеклы – 20–30 мин. при температуре 50–52 °С), а затем их замачивают при комнатной температуре в течение 2–3 суток (со сменой воды 3–4 раза в сутки). Помимо стимулирующего воздействия это способствует их оздоровлению от возбудителей многих болезней.

Семенной материал капусты, редиса, репы, редьки и брюквы замачивают на 10–12 ч в воде или растворе макро- и микроэлементов (в 10 л воды растворяют: 5 г борной кислоты, 0,5 г медного купороса, 5 г сульфата магния, 0,5 г молибденово-кислого аммония и 0,2% вытяжки суперфосфата) приблизительно в равном по объему с семенами количестве жидкости. Излишек воды в данном случае может приводить к вымыванию из них питательных веществ и снижению всхожести. Тем не менее материал, намоченный в растворе удобрений, после этой процедуры должен быть промыт водой. Целесообразно проводить его термотерапию, прогревая в течение 20–30 мин. при 50–52 °С. После этой инкубации семена опускают на 1 мин. в холодную воду.

Для выращивания микрозелени необходимо иметь качественные семена, характеризующиеся высокой и равномерной всхожестью, без химической обработки, генетически безопасные, но в то же время доступные в ценовом диапазоне. Они должны быть откалиброваны, не протравлены, без вредителей и болезней, с энергией прорастания более чем 95% и всхожестью не менее 99% [8].

Важным аспектом является подбор соответствующих высокопродуктивных сортов овощных и пряноароматических видов растений, которые формируют значительную часть стоимости для производства качественной продукции [13]. Корейскими учеными установлено, что некоторые виды овощных культур одного семейства, также как и сорта, быстро прорастают и растут, в то время как другие – медленно, и могут требовать предварительных

посевов для улучшения, стандартизации и сокращения производственного цикла [15]. Признаки, представляющие интерес для перспективных генотипов, такие как внешний вид, текстура, вкус, фитохимический состав и питательная ценность, а также генетическая изменчивость между сортами и видами, на микрозелени малоизучена [11]. Так, китайские ученые при исследовании 25 сортов в 6 видах семейства Капустные выявили внутривидовую и внутрисортную изменчивость по содержанию витаминов и каротиноидов в микрозелени и указали на необходимость дальнейшего изучения степени генетической изменчивости между и внутри таксонов [16].

Другой фундаментальный аспект процесса производства этого нового продукта связан с плотностью посева. Ориентировочно она может варьироваться от 1 семени/см<sup>2</sup> (для более крупных экземпляров, таких как нут, горох, кукуруза и т.д.) до 4 семян/см<sup>2</sup> (для более мелких – репа, брокколи, цветная капуста, цикорий и т.д.). Посев осуществляется вручную на поверхность подложки, неглубоко, чтобы затем росток не запачкался субстратом. Семена прорастают при отсутствии света, при оптимальных температурах 15–25 °С и высокой относительной влажности 80–90%. Посевы необходимо укрывать на 2–36 дней черной полиэтиленовой пленкой для повышения температуры, сохранения влажности и увеличения скорости прорастания. Проводить процесс желательно в камерах для проращивания.

Во время фазы прорастания, как правило, используют распылители сверху в ирригационных системах. После массовых всходов полив должен быть на дне, избегая излишней влаги и возникновения фитосанитарных проблем [8].

## ВЫБОР СУБСТРАТА

Это один из наиболее важных вопросов, имеющих большое значение для качества микрозелени, эффективности и устойчивости производственного процесса. Наиболее широко применяют торф [8] перлит и вермикулит или их смеси. Однако постепенно в практику входят и другие малоизученные волокнистые и пористые материалы, обеспечивающие более высокую катионообменную способность, аэрацию и влагоудержание [17]. Их необходимо подбирать для каждого вида овощной и пряноароматической культуры индивидуально [16].

Для того чтобы обеспечить хорошую всхожесть и оптимальный рост микрозелени, субстрат должен обладать пористостью 85% от общего объема,

оптимальным соотношением макро- и микроэлементов, хорошей влагоудерживающей способностью (55–70% от общего объема) и уровнем аэрации корня (20–30% от общего объема). Он должен быть свободным от тяжелых металлов и загрязняющих веществ, патогенных микроорганизмов, рН от 5,5 до 6,5, электропроводностью менее 500 мСм/см.

Среди подложек, специально разработанных для производства микрозелени, следует отметить маты из естественных волокнистых материалов (кокосовое, джутовое, хлопковое волокно и изготовленное из морских водорослей, измельченная целлюлоза) или синтетических (из полиэтилентерефталата ПЭТ – полиэтилен).

Для коммерческих целей, как правило, выращивание идет в системах без почвы, в жидкой среде с питательным раствором, содержащим все элементы, необходимые для роста и развития растения, в контейнерах или лотках высотой 3–5 см. Нижняя часть лотка может быть с отверстиями или перфорированная для оттока лишней влаги, снабжена системой притока и оттока раствора. Допустима полная автоматизация дождевания сверху. Пластиковые лотки можно заменить биоразлагаемыми материалами (из полимолочной кислоты, производные крахмала).

Также возможно выращивание непосредственно «в канале» или на поддонах (пластик, алюминий, оцинкованное железо, дерево), в паллетах. Водоотводная система и поддоны могут быть стационарными или мобильными, они должны быть идеально выровнены, создавая небольшой наклон для облегчения потока воды или питательного раствора от одного конца канала или поддона и восстановления повторного использования этого раствора или избытка воды. Вариантом может стать опрыскивание сверху или снизу (субирригация). При этих способах культивирования растения срезают по достижении оптимальной стадии роста для каждого вида. После продукт обычно подвергают промывке и просушке, затем упаковывают и отправляют на продажу.

При применении блистерных контейнеров из полистирола различных размеров, которые плавают непосредственно на питательном растворе, смачивание происходит снизу. Так как это статическая система, в которой нет рециркуляции раствора, для поддержания хорошего уровня оксигенации необходимо обогащать его воздухом. Отрицательной стороной данной системы является сложность получения микрозелени с оптимальным содержанием сухого вещества, и, следовательно, с хорошим сроком годности [8].

## УСЛОВИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

Использование источников света с определенной длиной волны дает возможность влияния на скорость роста, морфологию, вкусовые качества, пигментацию, накопление биоактивных соединений. Это может стать легко варьируемым фактором для получения растительного материала с индивидуальным составом для конкретного потребителя. Поскольку хлорофилловые пигменты поглощают главным образом красные (663 нм и 642 нм) и синие (430 нм и 453 нм) области света, эти длины волн являются основными, которые сказываются на росте растений [18]. Красный свет ощущается в растениях фитохромными рецепторами (PhyA, PhyB и т.д.), представляя две взаимопереходные формы Pr и Pfr, он генерирует ответы, связанные с прорастанием, удлинением стебля, расширением листьев, индукцией цветения и т.д. Голубой свет воспринимается криптохромами и фототропинами и регулирует такие процессы, как деэтилирование, фототропизм, движение хлоропластов, эндогенные ритмы, рост корней, открытие световых устьиц, окислительно-восстановительный баланс, уровень циклических нуклеотидов и т.д. [19]. С биотехнологической точки зрения выращивание растений при добавлении красного света может привести к увеличению биомассы, повышенному содержанию фенолов, активации антиоксидантной системы, увеличению концентраций лютеолина и силигрина. В то же время синий свет способствует усилению синтеза хлорофилла, повышенному содержанию фенолов и витамина С в различных видах [20]. Однако лучшие результаты получаются при сочетании красного и синего по сравнению с монохроматическим освещением, что может обеспечить значительный урожай растений. Красный свет соответствует максимумам поглощения хлорофиллов, а синий вызывает открытие устьиц и таким образом позволяет лучше фиксировать CO<sub>2</sub>.

В последние годы стали использовать энергоэффективные лампы со спектром излучения для фотосинтеза, представленным этими двумя цветами. В связи с чем поддоны, лотки, контейнеры можно располагать на разных уровнях, один над другим, формируя систему многослойного выращивания. Важно подчеркнуть, что даже для получения микрозелени необходимо наличие адекватного уровня светового излучения (при плотности потока фотонов ФАР не менее 100 мкмоль/м<sup>2</sup>с) [21].

## ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА

Большинство видов микрозелени растут при температуре от 10 до 29 °С, и лучше всего – в теплом помещении с влажностью не менее 50% и хорошим потоком воздуха. Экземпляры, выращенные в условиях приемлемой влажности, более хрустящие, чем те, которые культивируются на сухом воздухе. При использовании лотков с дренажными отверстиями и подносов большего размера, заполненных водой, происходит полив снизу вверх. По мере испарения эта технология также добавляет влажность в окружающий воздух. Также эффект дает ежедневное затопление водой (технология «прилив-отлив»).

Побочным эффектом выращивания большого количества растений в закрытых условиях является создание идеальной среды для развития бактерий и грибов, пагубно влияющих на будущий урожай. Микрозелень требует хорошей вентиляции для роста и развития: поскольку растения растут плотно друг к другу, объем пространства вокруг каждого минимален. Также они поглощают углекислый газ, выделяя кислород, в результате чего вокруг посевов образуются кислородные карманы, создающие неблагоприятные условия для выращивания. Перемещение потока воздуха важно для ограничения влажности и тепла, снижения риска роста грибов и патогенов. Применение моторизованного или вытяжного вентилятора, кондиционера помогает удалять влагу и создавать необходимый воздушный поток [22].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ebert A.W. et al. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia / A.W. Ebert [et al.] // Proceeding SEAVEG 2012, Chiang Mai, Thailand. 2012. 24–26 January (Conference paper). P. 216–227.
2. Miller D.D. et al. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition / D.D. Miller [et al.] // Food Policy. 2013. Vol. 42. P. 115–128.
3. Пашкевич А.М. Микрозелень – новая категория органической овощной продукции / А.М. Пашкевич [и др.] // Научно-инновационные основы развития отрасли овощеводства: тезисы докладов Международной научно-практической конференции, г. Самохваловичи, Минский район, 14–16 августа, 2018 г. С. 25–28.
4. Pinto. E. et al. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces / E. Pinto [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2015. Vol. 37. P. 38–43.
5. ФАО объявляет о начале провозглашенного ООН Международного года овощей и фруктов // <http://www.fao.org/news/story/ru/item/1365067/>.
6. Пашкевич А.М. Определение содержания нитратов в семенах, проростках, микрозелени и продукции бобовых овощных культур / А.М. Пашкевич [и др.] // Овощеводство: сб. науч. трудов. – Самохваловичи, 2020. Т. 28. С. 89–96.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2021/11/microgreens>

Продолжение в следующем номере