



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

часть II

Фрукты и овощи содержат улучшающие здоровье человека метаболиты растений, которые не синтезируются в организмах млекопитающих. Тем не менее их общее потребление в промышленно развитых странах с западным образом продовольствия ниже 400 г в день (за исключением картофеля и других содержащих крахмал клубней), рекомендованных ВОЗ [24]. Поэтому все чаще поднимаются вопросы по оздоровлению населения путем увеличения интереса к новым, функциональным продуктам, которые можно вырас-



тить самостоятельно, быстро и без особых затрат. Именно к ним относится микрозелень, которая производится за 7–20 дней как в небольших помещениях, на балконах или подоконниках, так и в промышленных масштабах на огромных площадях. Обычно она потребляется в сыром виде. Для нее характерно большое содержание минералов Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se, Mo и низкое – нитратов, по сравнению с аналогами из зрелых листьев, плодов, семян.

Ученые установили, что 30 г микрозелени заменяют 1,5 кг фруктов по витаминной ценности, а содержание полезных веществ в ней от 4 до 40 раз выше, чем во взрослых растениях. Ежедневная достаточная доза этого продукта для ребенка составляет 30 г, взрослого – 50 г, средняя его калорийность около 30 ккал/100 г.

Сотрудниками Института овощеводства НАН Беларуси с 2019 г. проводятся комплексные научные исследования технологий производства микрозелени, определения ее питательного и генетического потенциала. Изучены различные виды субстратов и способы обезза-

раживания семян при ее выращивании, динамика накопления биомассы в зависимости от сортовых и видовых особенностей растений бобовых овощных культур, выделены образцы с высокими биохимическими и фитонутриентными показателями и с низким содержанием нитратов.

Было установлено, что развитие этого вида зелени и формирование ее биомассы из семян, обработанных раствором перекиси водорода, проходит более интенсивно, без развития либо со слабым развитием микробной инфекции, источником которой может являться сам семенной материал. Также хороший рост был получен из семян, обработанных растворами молочной кислоты и этилового спирта, однако производство сопровождалось развитием микромицетной и бактериальной поверхностных инфекций при их наличии на исходном материале. В результате проведенных опытов было показано, что растворы гипохлоритов натрия и кальция, яблочной кислоты, калия марганцовокислого, гидрокарбоната натрия и аскорбиновой кислоты, используемые в качестве дезинфицирую-

щих веществ, затормаживают нарастание биомассы, и, как следствие, увеличивают ее производственный цикл, а также приводят к развитию микромицетов. Кроме того, семена бобовых овощных культур, обработанные раствором 1%-ной уксусной кислоты, характеризуются замедленными ростовыми процессами и дальнейшим развитием растений, а замоченные в 2–5%-ном растворе уксусной кислоты – их отсутствием.

В результате исследований было выявлено усиленное нарастание биомассы микрозелени, выращенной на субстратах на торфовой основе и менее высокое – у экземпляров, культивируемых на вермикулитном субстрате в половинном объеме от всей массы: торфо- и кокосово-вермикулитном субстратах, а также на чистом вермикулите. Установлено значительное снижение биомассы, в сравнении с контролем, для чистых перлитного и кокосового субстратов. По нарастанию биомассы микрозелени гороха овощного с наименьшим отклонением от стандартного торфяного субстрата оказался конопляный мат; менее пригоден для культивирования мат из губки.



Установлено, что выход товарных растений, выращенных на торфо-кокосово-перлитных грунтах, был на уровне 89–100%. Наибольшая прибавка их биомассы с делянки получена на торфо-кокосово-перлитных субстратах, а значительное ее снижение отмечено для растений, выращенных на льняном, джутовом и нетканом волоконных субстратах.

При исследовании содержания белка в бобовых овощных культурах отмечено высокое и практически одинаковое его наличие в семенах и проростках, и увеличение, в сравнении с ними, этого показателя в микрозелени. В продукции технической спелости наблюдалось снижение белка почти в 4 раза, в сравнении с семенами и проростками, и почти в 5 раз – с микрозеленью. Установлена зависимость его содержания от группы спелости для гороха и бобов овощных, чечевицы пищевой и нута бараньего в семенах и проростках, а также для гороха и бобов овощных – в продукции в фазе технической спелости: низкое наличие белка может наблюдаться в семенах с различной длиной вегетационного периода, но его высокий показатель свойственен в основном позднеспелым сортам. Выявлено, что наибольшее значение по трем рассматриваемым позициям (семена, проростки, микрозелень) характерно для бобов овощных и сои, промежуточное – для чечевицы пищевой, наименьшее – для гороха овощного, нута бараньего и маша.

Самое высокое содержание крахмала в семенах, проростках и микрозелени характерно для гороха и бобов овощных. Причем максимальное значение проявляется на указанных первых

двух стадиях, нежели в получаемой продукции. Выявлена закономерность большего накопления крахмала в семенах раннеспелых сортообразцов гороха, бобов и чечевицы, чем в позднеспелых. Среднеспелые занимали промежуточное положение. Установлено, что происходит снижение содержания крахмала от семени через проростки к микрозелени, что, в свою очередь, объясняется гидролизом крахмала для обеспечения ростовых процессов. Наличие крахмала в фазе потребительской спелости у гороха и бобов значительно выше у среднеспелых образцов, в то время как у ранне- и позднеспелых данный показатель меняется незначительно и не являлся высоким.

При исследовании содержания сахара отмечено его увеличение в цепочке: семена, проростки, микрозелень. В семенах бобовых овощных культур его было от 1,4 до 3,8% к сухому веществу; наиболее сахаристыми показали себя образцы гороха, наименее – бобы, чечевица, нут и соя; семена маша занимали промежуточное положение. Показатель растворимых сахаров в продукции – зеленом горошке и бобах – составил соответственно 5,6 и 3,7% на сухое вещество; в среднем он был на уровне 4,7%. Содержание сахара в проростках всех исследуемых бобовых культур было увеличено в среднем в 3 раза по сравнению с семенами. Наибольшие значения растворимых сахаров в исследованиях были отмечены для микрозелени: от 26,8 до 53,1% к сухому веществу, что в среднем выше в 3,5 раза по данному показателю в сравнении с проростками и в 10 раз – с семенами. Лидером по сахаристости показал

себя горох овощной; среднюю позицию заняли маш, чечевица пищевая, нут бараний и соя; последнюю – бобы овощные.

При анализе исследуемых образцов бобовых овощных культур на наличие аскорбиновой кислоты было отмечено увеличение данного показателя в ряду: семена, проростки, микрозелень. Так, витамина С в конечном продукте было в 25,9 раза больше, чем в семенах, и в 3,3 – чем в проростках. В среднем аскорбиновой кислоты семена анализируемых культур содержали 4,2 мг на 100 г, проростки – 32,6 мг/100 г, микрозелень – 109 мг/100 г.

Среднее присутствие нитратов в семенах составило 34,0 мг/кг. Была установлена видовая и сортовая специфичность этого показателя среди изучаемых культур. При анализе проростков отмечено снижение содержания нитратов по всем шести изучаемым видам: наибольшее уменьшение продемонстрировали образцы чечевицы пищевой и сои (почти в 2 раза), маша (почти в 2,5 раза) в сравнении с семенами. В культуре микрозелени было установлено значительное увеличение наличия NO₃-ионов: наибольшее показали образцы маша (653,8 мг/кг) и гороха овощного (470,5 мг/кг); наименьшее – бобов овощных (145,0 мг/кг). Чечевица пищевая, нут бараний и соя заняли промежуточное положение по данному показателю: 321,0 мг/кг, 276,0 мг/кг и 303,1 мг/кг соответственно.

По содержанию Р, К, Са и Mg было отмечено его увеличение в ряду: семена, проростки, микрозелень; по наличию N: проростки, микрозелень, семена. При анализе присутствия

макроэлементов установлено, что наиболее насыщенным ими оказался горох овощной (в семенах и проростках наибольшее количество N, P, K, Ca, Mg среди других культур, в микрозелени – P, K, Ca, Mg). Также высокие показатели продемонстрировали бобы овощные (в семенах – N, Ca, Mg, в проростках – P, K, Mg, в микрозелени – Ca) и маш (в семенах – K, Mg; в проростках и микрозелени – Mg). Микрозелень чечевицы овощной являлась лидером по содержанию N среди других культур, а нута бараньего – N и Mg.

Оценка биохимического и минерального состава семейства *Brassicaceae Burnett* при выращивании растений на микрозелень проведена в 2020 г. Были установлены четкие видовые генотипические отличия сортообразцов этого семейства как по биометрическим признакам, так и по урожайности в культуре.

Наибольшая биомасса, которая была оценена в совокупности по развитию гипокотыля и семядольного листа, была характерна для микрозелени редьки, редиса, дайкона, капусты цветной. Средняя урожайность отмечена у капусты белокочанной и брокколи, наиболее низкая – у капусты краснокочанной и кольраби.

Зафиксированы генотипические различия по основным биохимическим показателям – сухое вещество, растворимые сахара, свободные органические кислоты, аскорбиновая кислота, филлохинон, каротиноиды – в культуре микрозелени сортообразцов семейства *Brassicaceae Burnett*. Содержание сухих веществ варьировало в диапозонных значениях от 6,2 до 10,3% и в среднем

по капустным культурам составило 7%. Наибольший показатель отмечен для кольраби (9,6%) при содержании в сухой массе свободных органических кислот 6,1%. Промежуточное интервальное значение показали образцы микрозелени дайкона (7,8%), капусты цветной (8,1%), краснокочанной (8,3%) и брокколи (8,5%), для которых содержание органических кислот в сухой массе составило соответственно 3,6, 6,4, 3,3 и 6,1%. Наименьшее – сортообразцы редьки, капусты белокочанной и редиса – 6,2, 6,3 и 6,7%. В данных культурах наличие свободных органических кислот в сухой массе равнялось 4,8, 3,2 и 3,6%.

Был установлен активный биосинтез сахаров в микрозелени исследуемых капустных культур, который отразился в содержании их в сухой массе и составил в среднем 12,5%. Лидером по накоплению сахара в восьмисуточной культуре стала капуста брокколи (27,4%); также высокие показатели продемонстрировали капуста краснокочанная (20,2%) и кольраби (18,4%). Среднее содержание сахаров установлено для сортообразцов капусты белокочанной (15,3%) и редьки (14,3%). Самое низкое – для редиса (11,2%), капусты цветной (10,4%) и дайкона (9,6%).

Также отмечен генетический полиморфизм по накоплению каротиноидов. Наибольшее их содержание продемонстрировали сортообразцы капусты брокколи (120,5 мг/100 г) и краснокочанной (118,9 мг/100 г). Высокие значения данного показателя были установлены и для капусты кольраби, редиса и редьки (108,6, 109,5 и 102,3 мг/100 г

соответственно). Более низкие характерны для дайкона, капусты цветной и белокочанной (93,5, 91,1 и 88,5 мг/100 г).

Наличие витамина С, среднее значение которого по сортообразцам семейства *Brassicaceae Burnett* составило 66,6 мг/100 г, выше всего было в брокколи – 111,9 мг/100 г. Также высокий показатель отмечен для капусты цветной (94,0 мг/100 г), кольраби (90,5 мг/100 г) и белокочанной (82,3 мг/100 г). Почти в 2 раза ниже – для микрозелени редьки (62,2 мг/100 г), редиса (56,4 мг/100 г), капусты краснокочанной (51,0 мг/100 г) и дайкона (50,9 мг/100 г).

Содержание филлохинона, или витамина K1, в среднем по сортообразцам капустных культур равнялось 3,05 мг/г. Наибольшее значение было характерно для редиса, дайкона, брокколи и кольраби. Незначительное, меньшее пришлось на капусту белокочанную, цветную, краснокочанную и редьку.

В минеральном отношении сортообразцы семейства *Brassicaceae Burnett* показали в среднем содержание азота 2,84%, фосфора 2,75%, калия 4,39%, кальция 0,315%, магния 0,258%. Больше всего макроэлементов было отмечено в микрозелени редьки, редиса, капусты кольраби и брокколи. Более низкое содержание N, P, K, Ca и Mg установлено для капусты белокочанной, цветной, краснокочанной, дайкона.

Среднее присутствие нитратов в культуре микрозелени среди исследуемых капустных овощных культур равнялось 3304 мг/кг; образцы корнеплодного и стеблекорнеплодного типа показали большее значение нитрат-ионов, нежели варианты кочанного

типа. Самое высокое содержание NO₃- было установлено для микрозелени редиса, дайкона, редьки, капусты кольраби (3456, 3348, 3329 и 3218 мг/кг, соответственно). Для капусты белокочанной, брокколи, краснокочанной и цветной данный показатель был отмечен на уровне 3261, 3218, 3115 и 3150 мг/кг. При этом следует отметить, что ПДК нитратов для капусты белокочанной свежей составляет не более 400 мг/кг, редиса свежего – не более 1500 мг/кг [23], что обу-

словливает необходимость более глубоких исследований этого вопроса и поиска путей снижения содержания нитратов.

Институтом овощеводства на 2021–2023 гг. запланированы исследования по изучению влияния освещенности и спектрального состава излучения источников света на продуктивность и биохимический состав микрозелени совместно с Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, в процессе выполнения

которых планируется определение оптимального освещения для выращивания. Это перспективное направление производства высокоценных продуктов питания, являющихся на сегодняшний день довольно дорогими и эксклюзивными. Дальнейшие исследования в этой области, совершенствование технологий на базе современных достижений науки позволят открыть двери для массового производства по доступным для потребителей ценам. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 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.
- 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.
- 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, аг. Самохваловичи, Минский район, 14–16 августа, 2018 г. С. 25–28.
- 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.
- ФАО объявляет о начале провозглашенного ООН Международного года овощей и фруктов // <http://www.fao.org/news/story/ru/item/1365067/>.
- 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.
- М.И. Иванова. Микрозелень, или система земледелия без почвы / М.И. Иванова [и др.] // Гавриш. 2016. №6. С. 34–42.
- White P.J. et al. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine / P.J. White [et al.] // New Phytologist. 2009. Vol. 182 (1). P. 49–84.
- М.И. Иванова. Микрозелень, или система земледелия без почвы / М.И. Иванова [и др.] // Гавриш. 2016. №6. С. 34–42.
- Kyriacou M.C. et al. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens / M.C. Kyriacou [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2016. Vol. 57. P. 103–115.
- Sun J. et al. Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by μ HPLC-PDA-ESI/HMRSn / J. Sun [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013. Vol. 61. P. 10960–10970.
- Xiao Z. et al. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens / Z. Xiao [et al.] // Postharvest Biology and Technology. 2015. Vol. 110. P. 140–148.
- Seema R. et al. The comparative nutrients assessment of spicer salad: radish microgreens / R. Seema [et al.] // Current Advances in Agricultural Sciences. 2020. Vol. 9. P. 107–111.
- Di G. Microgreens: novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity / G., Di [et al.] // ECO-logica srl. 2015. P. 51–79.
- Gina M.R. et al. Microgreens – A review of food safety considerations along the farm to fork continuum / M.R. Gina [et al.] // International journal of food microbiology. 2019. Vol. 2 (290). P. 76–85.
- Xiao Z. et al. Microgreens of Brassicaceae: genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity / Z. Xiao [et al.] // Food Science and Technology. 2019. Vol. 49. P. 87–93.
- Ying Q. et al. Responses of yield and appearance quality of four Brassicaceae microgreens to varied blue light proportion in red and blue light-emitting diodes lighting / Q. Ying [et al.] // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 259. P. 1211–1221.
- Preethi R. et al. Advancement in indoor vertical farming for microgreen production / R. Preethi [et al.] // American Journal of Plant Sciences. 2019. Vol. 10 (8). P. 1397–1408.
- Lee J.S. et al. Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens / J.S. Lee [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 58. P. 2980–2987.
- Federico M. et al. Role of white light intensity and photoperiod during retail in broccoli shelf-life / M. Federico [et al.] // Postharvest Biology and Technology. 2019. Vol. 20. P. 37–42.
- Kong Y. et al. Pure blue light effects on growth and morphology are slightly changed by adding low-level UVA or far-red light: A comparison with red light in four microgreen species / Y. Kong [et al.] // Environmental and experimental botany. 2019. Vol. 157. P. 57–68.
- Kopsell D.A. et al. Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes / D.A. Kopsell [et al.] // American Journal of Plant Sciences. 2013. Vol. 138. P. 31–37.
- Gentry M. et al. Local heat, local food: Integrating vertical hydroponic farming with district heating in Sweden // Energy. 2019. Vol. 174. P. 191–197.
- Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПин 11–63 РБ 98. – Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2009.
- Стимулирование потребления фруктов и овощей во всем мире // <https://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/ru/>.