

в мембранах форменных элементов плазмы [4, 7].

Не исключается также, что наряду с ферритином, трансферрином и церулоплазмином, супрол действует также как перехватчик ионов Fe^{+3} или Cu^{+2} , предотвращая их "свободное" действие в организме (последние являются энергичными инициаторами процессов ПОЛ мембран различных биообразований [6]). Активированный ионами меди или железа супрол может быть регулируемым, простым и естественным источником изучения влияния этих активных соединений на различные биосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симомян М.А., Карапетян А.В., Бабян М.А., Симомян Р.М. Биохимия, 61, 932-938, 1996.
2. Симомян М.А., Карапетян А.И., Галстян А.А., Симомян Р.М., Бабян М.А. Биохимия, 61, 1578-1583, 1996.
3. Cameron B.F. Anal.Biochem., 11, 164-169, 1965.
4. Dore M., Slauson D.O., Nielson N.R. Pediatr.Res. 28, 327-331, 1990.
5. Gutteridge J.M.C., Rowley D.A., Halliwell B. Biochem. J., 199, 263-265, 1981.
6. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Biochem. J., 219, 1-14, 1984.
7. Jansson G., Harmsringdohl M. Free Rad. Res. Commun., 18, 87-98, 1993.
8. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. J. Biol. Chem., 193, 265-275, 1951.
9. Misra H.P., Fridovich I. J. Biol. Chem., 247, 3170-3175, 1972.
10. Nishikimi M., Rao N.A., Jagi K. Biochem. Biophys. Res. Com., 42, 849-856, 1972.
11. Stryer L.V. Biochemistry (russ.translation), 2, 218-220, Moscow, 1985.
12. Trisch G.L., Evans R.L. J. Immunol. Meth., 160, 59п-64, 1993.
13. Wharton D.S., Rader M. Anal. Biochem., 33, 226-229, 1976.

Поступила 30.IX.1998

Биолог. журн. Армении, 1 (52), 1999

УДК 631.589.2

ВОЗМОЖНОСТИ ГИДРОПОНИКИ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

М.А. БАБАХАНИЯН, Н.З. АСТВАЦАТРЯН, Л.Э. ОГАНЕСЯН

Институт проблем гидропоники НАН Армении, 375082, Ереван

Накопление нитратов овощными культурами в условиях гидропоники исключительно динамично и зависит от культуры, сорта, условий окружающей среды, применяемой технологии возделывания, интенсивности минерального питания и времени суток. Поглощение и усвоение нитратов является отражением биологически активного или пассивного состояния растений и носит ритмичный, волнообразный характер, возрастающий при подпитываниях питательным раствором; в условиях водного дефицита в растениях поддерживается устойчивое количество нитратов. Содержание тяжелых металлов (Sn, Mo, Pb, Ni, Cu, Mn, Ti) в почвенных и гидропонных растениях изменчиво и зависит от онтогенетических

особенности.

Գործնականորեն պարզված է, որ հիդրոպոնիկ պայմաններում միտրատների կուտակումը բանջարացուցարանի մշակաբույսերում դիմամիկ կախվածության մեջ է գտնվում բույսից, նրա սորտից, շրջակա միջավայրի պայմաններից, կիրառվող տեխնոլոգիայից, հանքային սննդառությունից և օրվա ժամերից: Նիտրատների կլանումը և յուրացումը ազդում է բույսի կենսաբանական ակտիվության վրա: Կենսասինթեզի ընթացքը կրում է ալիքավոր բնույթ և ավելանում է սննդալուծությամբ մատակարարման դեպքում: Ջրային դեֆիցիտի պայմաններում միտրատներին հատուկ է կայուն քանակության մակարդակ: Ծանր մետաղների (Sn, Mo, Pb, Ni, Cu, Mn, Ti) պարունակությունը հողային և հիդրոպոնիկ պայմանների բույսերի մոտ փոփոխական է և հիմնականում կախված է մշակաբույսերի օնոգենետիկ բնույթից:

The nitrate accumulation of vegetable plants grown under hydroponic conditions has dynamic nature and depends on plant, its varieties, environmental conditions, applied cultivation technology, intensity of mineral nutrition and day time. The nitrate uptake and utilization affects on biological activity of plant. It has rhythmic, wave-shape character and is increased during nutrition with nutritive solutions. Under water-deficiency conditions the nitrate concentration remains constant in plant. The heavy metals (Sn, Mo, Pb, Ni, Cu, Mn, Ti) content in soil and hydroponic plants is variable and depends on onthogenetic peculiarities of plant.

Экология - нитраты - радионуклиды - тяжелые металлы - гидропоника

Возрастающее антропогенное загрязнение окружающей среды соединениями азота, тяжелыми металлами и радионуклидами, трансформация и миграция их соединений в органических цепях создают угрозу экологическому равновесию в природе и могут привести к нежелательным нарушениям функций растительных и животных организмов, в том числе и человека.

Растительный покров - активный и эффективный фильтр выведения подобных загрязнений из экосистемы. Однако в определенных условиях естественное течение биосинтетических процессов нарушается, и в растениях накапливается значительное количество нитратов, радионуклидов или тяжелых металлов. Нитраты, взаимодействуя с окисями азота, аминами и амидами, образуют нитрозосоединения, а радионуклиды и тяжелые металлы - органические комплексоны. И те и другие действуют как местно, так и опосредовано и трансплацентарно, подобно тератогенам, мутагенам и канцерогенам. Допустимая суточная доза нитратов для взрослого человека составляет 150-200 мг, а предельная - 500 мг [4,5,8,9].

Задачей настоящих исследований являлось сравнительное изучение динамики накопления нитратов и нитритов, а также тяжелых металлов в овощной продукции, полученной на почве и гидропонике.

Материал и методика. Овощные культуры - огурцы (сорт Апрельский, Стелла, Зозуля, Котайк), томаты (Звартноц и Лия), перец (Калифорнийское чудо, Молдавский), морковь (Нантская), фасоль (Кафанская), капуста (Дитмарская, Слава, Харьковская зимняя) - выращивались в условиях тепличной, открытой гидропоники методом гравийной культуры и на почвенном контрольном участке. Наполнитель - гравий и его смесь со шлаком (3:1), диаметром 3-15 мм. Питательный раствор состоял из комплексного удобрения растворимая марки "А", с добавлением диаммоний фосфата и сульфата калия, что обеспечивает соотношение элементов в растворе, равное (N:P:K), pH=6,7-7,3. Режим подпитывания - 1х10 [1].

Определение нитратов и нитритов проводили с применением дисульфифеноловой кислоты по методике Вдовиной и др. [4].

Определение тяжелых металлов (ТМ) проводилось методом спектрального эмиссионного анализа в золе на спектрометре ИСП-28. Спектры регистрировали на

фотопластинке "ТИМ-1".

Результаты и обсуждение. Разными авторами [5,8,9] и нашими исследованиями [1-3] установлено, что количество накапливаемых нитратов в значительной степени варьирует в зависимости от культуры. Так, если в огурцах или фасоли оно составляет несколько мг%, то в капусте или моркови достигает уже десятков, а в столовой свекле и петрушке - сотен мг%.

Достаточно четко проявляются сортовые различия. Так, по нашим данным, огурцы сорта Апрельский накапливают меньше нитратов, чем сорта Стелла. По данным Соколова [9], в почвенных условиях огурцы сорта "Апрельский" накапливают втрое больше нитратов, чем другие сорта. Как считают Жученко и Андриющенко [5], этот признак имеет полигенную природу и, в частности, у огурцов степень его доминантности проявляется нечетко и значительно варьирует. Следовательно, гидропонические условия способствуют специфическому проявлению сортовых особенностей, а значит, путем сортоиспытания и отбора можно подобрать такие сорта, которые в условиях гидропоники способны накапливать минимальное количество нитратов.

Ранняя (Дитмарская) капуста накапливает значительно больше нитратов, чем средне- и позднеспелая. Это объясняется тем, что на ранних стадиях онтогенеза молодые листья содержат больше нитратов, чем зрелые. Соответственно, именно для ранних листовых культур с коротким вегетационным периодом наиболее важен отбор сортов с низким содержанием нитратов (редиска, столовая зелень, салат, огурцы).

Как показали наши исследования, зрелые плоды огурцов одного и того же сорта содержат от 3,5 до 6,2 мг% нитратов, в то время как недозрелые мелкие плоды - 15,4 мг%. Следовательно, употребление в пищу недозрелых плодов недопустимо.

Гидропонные растения получают питательный раствор, в котором все элементы находятся в самой доступной и удобной для усвоения форме, и, следовательно, имеют больше возможностей для усвоения и накопления нитратов, чем почвенные. Однако, как видно из приведенных данных (табл. 1), разница между содержанием нитратов у гидропонных и почвенных

Таблица 1. Содержание нитратов в различных сортах овощных культур, мг% в сырых образцах

Культура	Сорт	Почва	Гидропоника
Огурцы тепличные с открытого участка	Стелла	3,5	4,4
	Зозуля	-	3,8
	Апрельский	3,5	3,6
	Котайк	1,1	2,0
	Кафанская	3,0	3,2
Фасоль "-"	Дитмарская	10,5	10,2
Капуста "-"	Слава	9,9	8,1
	Харьковская	6,0	6,3
По литературным данным [3]			
Огурцы	-	8,8-60,0	-
Фасоль	-	2,8-8,0	-
Капуста	-	6,6-28,6	-

Примечание: нитритов в наших исследованиях обнаружено не было.

растений несущественная. Низкое же содержание нитратов в условиях гидропоники указывает на ускоренное течение синтетических процессов, в результате которого усвоенные нитраты включаются в последующие этапы превращений и утилизируются растениями. Подтверждением тому служит сравнительное содержание белков (% на сухое вещество): перец, почва - 9,6; гидропоника - 10,5; баклажан, почва - 4,8, гидропоника - 7,8; капуста, почва - 10,3, гидропоника - 11,4; свекла, почва - 9,7, гидропоника - 10,7.

На содержание нитратов в растениях оказывает значительное влияние напряженность климатических факторов: влага, освещенность, температура. Установлено, что при выращивании фасоли сорта Кафанская на открытом гидропоническом участке содержание нитратов в солнечный день составляло в среднем 4,3 мг%, а в дождливый - 6,1 мг%.

При сравнении содержания нитратов в огурцах, выращенных в условиях теплицы и на открытом гидропоническом участке, видно, что плоды первых независимо от сорта содержат значительно больше нитратов. Очевидно, повышенная температура и влажность, а также более низкий уровень освещенности в условиях теплиц способствуют более быстрому поглощению нитратов, чем расходуется на синтетические процессы.

Более детальные исследования показали, что содержание нитратов в овощах носит исключительно динамичный характер. Подавая растениям разбавленный питательный раствор (0,003%) или свежий раствор нормальной концентрации (0,15%), мы проверяли содержание нитратов через 30, 60, 120 и 240 мин. Результаты экспериментов показали (рис. 1А, Б), что подпитывание разбавленным питательным раствором приводит к понижению содержания нитратов в огурцах сорта Стелла до 2,7 мг%, в то время как при подпитывании свежим питательным раствором оно может составить 10,8 мг%. В первые минуты после полива поступление влаги резко снижает содержание нитратов, но уже через 30-40 мин наблюдается значительное повышение его (в 1,5-2,6 раза, достигая с 4,5 до 12,7

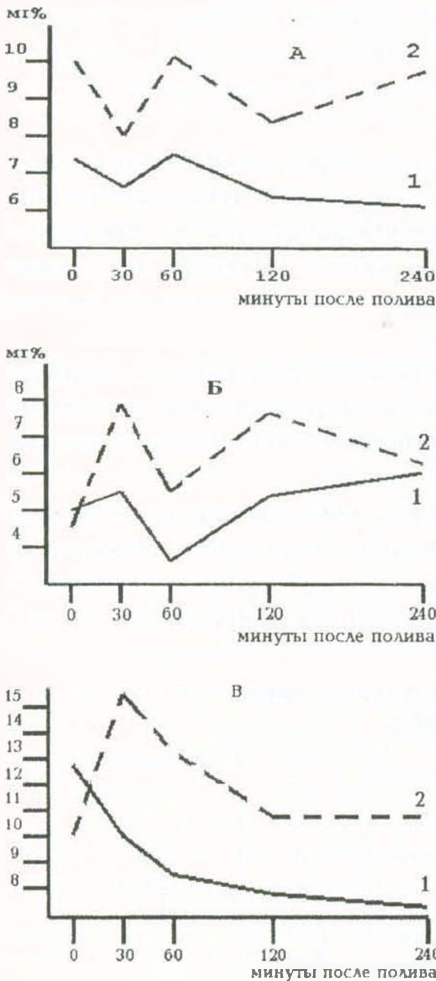


Рис. 1. Колебания содержания нитратов в плодах огурцов (А), фасоли (Б) и капусты (В) в зависимости от подачи разбавленного (1) или нормального (2) питательного раствора (средние данные для различных сортов).

мг%), в дальнейшем наблюдается постепенное снижение. В плодах огурцов и фасоли эти изменения содержания носят определенный волнообразный характер. У капусты картина несколько иная. Происходит активное поглощение нитратов из питательного раствора, которые не успевают адекватно включаться в синтетические процессы.

Далее, через 120-240 мин, постепенно равновесие восстанавливается, и поглощенные нитраты расходуются растительным организмом. Многосторонняя сбалансированность питательного раствора не позволяет растениям односторонне поглощать и накапливать нитраты.

Колебания содержания нитратов в течение дня также носят ритмический характер (рис. 2): в ранние утренние часы количество нитратов соответствует среднему нормальному уровню, характерному для данной культуры. С усилением фотосинтетических процессов в растениях их количество снижается. В середине дня резкое повышение температуры и дефицит влаги приводят к повышению содержания нитратов. Понижение температуры во второй половине дня вновь усиливает расход накопленных нитратов, ибо создаются оптимальные условия для биосинтетических процессов и усвоения нитратов. С заходом солнца биосинтез падает и параллельно возрастает количество накапливаемых нитратов.

Установлено, что в условиях водного дефицита, сопровождаемого

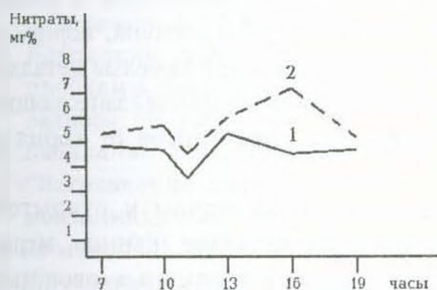


Рис. 2. Дневные колебания содержания нитратов в капусте в зависимости от подлитывания разбавленным (1) или концентрированным (2) питательным раствором.

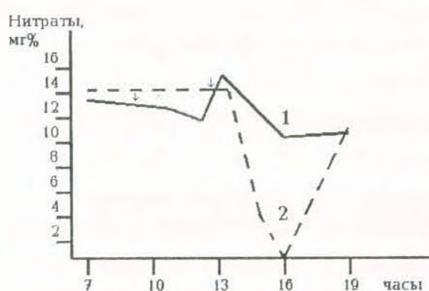


Рис. 3. Динамика содержания нитратов в огурцах сорта Апрельский в зависимости от времени подачи разбавленного (1) или концентрированного (2) питательных растворов (время подлитывания указано стрелкой).

высокой температурой, в овощных растениях поддерживается устойчивое количество нитратов, все процессы в растениях как бы парализованы. Подача питательного раствора в таких условиях дает столь мощный толчок синтетическим процессам азотного цикла, что может привести даже к полному расходованию запасенного количества нитратов (рис.3). Естественный ход усвоения нитратов восстанавливается приблизительно через 3 часа, но на более низком уровне, что, видимо, связано с предыдущим стрессовым состоянием растений.

Весьма интересным оказалось сравнение влияния различных систем беспочвенного возделывания овощных растений на содержание нитратов: так, в огурцах сорта Стелла, выращенных в почвенной теплице, содержание нитратов составило 3,5 мг%, а на гидропонике в гравийной теплице — 4,1

мг%, на струйной - 2,8 мг%, на синтетической вате - (система "Витан") их не обнаружено.

Все вышеизложенное позволяет заключить, что содержание нитратов в овощных культурах исключительно динамично, зависит от совокупности ряда факторов и фактически является отражением биологически активного или пассивного состояния растений.

Как уже было отмечено, другим важным фактором получения экологически чистой продукции является низкое содержание тяжелых металлов. При гидропонном производстве основными источниками поступления тяжелых металлов в растения являются наполнитель, артезианская вода и примеси, имеющиеся в удобрениях, используемых для приготовления питательного раствора. В то же время изолированность гидропоники от почвенной среды создает благоприятные условия для ограничения поступления тяжелых металлов в растения. Применение же современных фитотехнологий с оптимальными, четко сбалансированными питательными растворами, специализированным режимом питания и прогрессивной агротехникой дает возможность получать здоровые сильные растения, более защищенные от угрожающего натиска ионов-токсикантов.

Разными авторами установлено [3,6,7,10], что с точки зрения гигиенического контроля наибольшую опасность представляют зеленые листовые овощные растения, менее опасны те, у которых в пищу употребляются органы запасаания ассимилятов - плоды, семена, корне- и клубнеплоды. Объясняется это тем, что в органах растений тяжелые металлы накапливаются в следующей последовательности: корни>листья>запасующие органы, т.е. характерна тенденция уменьшения токсикантов от корня к органам накопления ассимилятов.

В связи с этим в сравнительных условиях почвы и открытой гидропоники исследовано накопление тяжелых металлов (свинца, меди, никеля, марганца, титана, молибдена и олова) в различных овощных культурах: капусте, перце, томатах, огурцах и моркови (табл. 2).

Полученные данные показали, что как в почвенных, так и гидропонических образцах в наименьшем количестве содержатся олово и

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в овощах, выращенных на почве и гидропонике, мг/кг

Культура	Способ возделывания	Sn	Mo	Pb	Ni	Cu	Mn	Ti
Капуста	П	0,09	0,36	0,9	1,8	1,8	9,0	90,0
	Г	0,07	0,07	0,7	0,7	2,8	14,0	7,0
Перец	П	0,06	0,06	0,6	2,4	2,4	6,0	6,0
	Г	0,05	0,15	0,5	2,0	1,5	4,0	1,5
Огурцы	П	0,1	0,1	1,1	2,2	4,4	11,0	33,0
	Г	0,1	0,1	1,0	1,0	6,0	10,0	10,0
Томаты	П	0,08	0,08	1,6	0,8	4,0	16,0	24,0
	Г	0,07	0,07	1,4	0,7	2,8	7,0	14,0
Морковь	П	0,08	0,16	1,6	0,8	1,6	8,0	72,0
	Г	0,07	0,07	0,7	0,7	2,1	7,0	30,0

Примечание: П - почва, Г - гидропоника.

молибден, несколько выше содержание свинца, меди и никеля, еще выше содержание марганца и титана. Причем почвенные и гидропонические овощи содержали одинаковое количество олова и свинца, содержание молибдена и меди изменчиво и зависит от исследуемой культуры. В гидропонических овощах несколько выше содержание марганца (капуста), в составе почвенных - никеля (капуста, огурцы). При этом необходимо учитывать, что медь, молибден и марганец входят в состав питательного раствора и полностью доступны гидропоническим растениям.

Представляет интерес значительно высокое содержание титана во всех исследованных почвенных овощах (в моркови оно выше вдвое, в перце и огурцах в три раза, а в капусте - в десять-двенадцать раз), что, очевидно, связано с особенностями нашей почвы.

Таким образом, проведенные исследования доказали, что путем подбора культур и сортов и применения четких технологических мероприятий (системы возделывания, режима подпитывания, концентрации и состава питательного раствора, времени сбора и пр.) возможно добиться получения овощей со значительно низким содержанием ионов-токсикантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаханян М.А., Дадаянова М.Д., Аствацатрян Н.З., Оганесян Л.Э. *Агрохимия*, 4, 75-83, 1990.
2. Бабаханян М.А., Аствацатрян Н.З. Тез. Респ. конф. "Современные проблемы беспочвенного культивирования растений". Ереван, 5-7 октября, 25, 1994.
3. Бабаханян М.А., Аствацатрян Н.З., Мхоян Л.П. Мат.-лы Респ. конф. "Загрязнение пищевых продуктов биотическими и абиотическими контаминантами". 58, Ереван, 1996.
4. Вдовина Г.А., Медведева Н.А. *Агрохимия*, 4, 104-108, 1979.
5. Жученко А.А., Андриющенко А.К. *Вестник сельскохозяйственной науки*, 12, 46, 1980.
6. Ильин В.Б., Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю. *Агрохимия*, 6, 90-100, 1985.
7. Махонько Э.П., Малахов С.Г., Вертинская Г.К. Тр. Всес. совещ. "Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах". 120-125, Ленинград, 1985.
8. Пушкарева М.М., Чететкина Л.В., Ильницкий А.П. и др. *Химия в сельском хозяйстве*, 11, 19-22, 1983.
9. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. *Нитраты в окружающей среде*. 316, Пущино, 1990.
10. Степанова М.Д. *Химические элементы в системе почва - растение*. 78-85, Новосибирск, 1982.

Поступила 15.VII.1997