

УДК 635.1 + 635.3:581.19(476)

Ж. А. РУПАСОВА¹, А. А. АУТКО², Ан. А. АУТКО², Н. П. ВАРАВИНА¹,
Р. Н. РУДАКОВСКАЯ¹, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, О. В. ПОЗНЯК¹

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

¹ Центральный ботанический сад,

² Институт овощеводства

(Поступила в редакцию 28.11.2006)

Введение. В связи с оптимизацией режима минерального питания важнейших для Беларуси овощных культур – моркови, свеклы столовой и капусты поздней на сравнительно бедных дерново-подзолистых почвах, распространенных на ее территории, особую актуальность обретает исследование влияния внесения удобрений на накопление в их продукции полезных веществ. Заметное место в ряду природных витаминов занимает витамин С (аскорбиновая кислота), принимающий участие во многих обменных процессах и способствующий поддержанию нормальной проницаемости капилляров, сохранению целостности опорных тканей, нормализации белкового метаболизма и повышению резистентности организма к инфекции [6]. Стимулирующее действие на секреторную и моторную функции пищеварительной системы оказывают и органические кислоты, в том числе широко распространенные в продукции овощных культур яблочная, винная, лимонная. Исключительно важную роль в обменных процессах играют также минеральные вещества и азотсодержащие соединения. Они входят в качестве пластического материала в опорные ткани – кости, хрящи, зубы, влияют на водный обмен, определяют осмотическое давление плазмы крови, являются составными частями ряда гормонов, витаминов, ферментов [1].

Исходя из обозначенного спектра физиологического действия на человеческий организм вышеуказанных веществ, накапливающихся в овощах и в значительной мере определяющих их питательную и витаминную ценность, смещение основного акцента в исследованиях на анализ параметров их накопления при варьировании минерального фона представляется нам необходимым и оправданным.

Цель настоящих исследований – изучение влияния внесения удобрений на накопление органических кислот и питательных элементов в продукции овощных культур в условиях Беларуси.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в рамках однотипных для всех изучаемых овощных культур полевых экспериментов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с 10-вариантной схемой внесения удобрений, заложенных на опытном поле Института овощеводства в г. п. Самохваловичи Минской обл. в 2004–2005 гг.:

I (**контроль**) – без удобрений;

II – смесь односторонних хлорсодержащих удобрений (**средняя доза**):

под морковь – N₇₀P₅₃K₈₈; под свеклу – N₉₀P₆₈K₁₁₃; под капусту – N₁₂₀P₉₀K₁₅₀;

III – органические удобрения 40 т/га – только под свеклу и капусту;

IV – **малая доза** хлорсодержащего комплексного удобрения 16-12-20 с бором и серой:

под морковь – N₄₀P₃₀K₅₀; под свеклу – N₆₀P₄₅K₇₅; под капусту – N₉₀P₆₈K₁₁₃;

V – **средняя доза** хлорсодержащего комплексного удобрения 16-12-20 с бором и серой:

под морковь – N₇₀P₅₃K₈₈; под свеклу – N₉₀P₆₈K₁₁₃; под капусту – N₁₂₀P₉₀K₁₅₀;

VI – **высокая доза** хлорсодержащего комплексного удобрения 16-12-20 с бором и серой:

под морковь – $N_{90}P_{68}K_{113}$; под свеклу – $N_{120}P_{90}K_{150}$; под капусту – $N_{150}P_{113}K_{188}$;

VII – **средняя доза** комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15:

под морковь – $N_{70}P_{38}K_{81}$; под свеклу – $N_{90}P_{49}K_{104}$; под капусту – $N_{120}P_{65}K_{138}$;

VIII – **высокая доза** комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15:

под морковь – $N_{90}P_{49}K_{104}$; под свеклу – $N_{120}P_{65}K_{138}$; под капусту – $N_{150}P_{81}K_{173}$;

IX – **средняя доза** комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 с регулятором роста эпин: под морковь – $N_{90}P_{49}K_{104}$; под свеклу – $N_{120}P_{65}K_{138}$; под капусту – $N_{150}P_{81}K_{173}$;

X – смесь односторонних удобрений (**средняя доза**), рекомендованная Институтом овощеводства: под морковь – $N_{90}P_{120}K_{150}$; под свеклу – $N_{120}P_{120}K_{180}$; под капусту – $N_{150}P_{135}K_{180}$.

Площадь опытной делянки в полевых опытах с морковью и свеклой столовой составляла 19,6 (7×2,8) м², с капустой – 33,6 (4,2×8) м². Повторность каждого варианта опыта – 4-кратная. Удобрения вносили разово, в основную заправку почвы. В качестве простых удобрений использовали следующие их виды: карбамид с содержанием N – 46% д. в., аммонизированный суперфосфат с содержанием N – 7% д. в., P₂O₅ – 30% д. в., гранулированный KCl с содержанием K₂O – 60% д. в.

В эксперименте применяли два вида комплексных минеральных удобрений – 16-12-20 с бором и серой и бесхлорное 13-7-15 с регулятором роста эпин, состав которых разработан доктором с.-х. наук Г. В. Пироговской (Институт почвоведения и агрохимии).

Принципиальные различия в схемах полевых экспериментов под разные культуры состояли в следующем: под культурой моркови отсутствовал вариант с внесением органических удобрений, закладка опыта с капустой поздней осуществлялась на поле, предварительно заправленном органическими удобрениями в дозе 60 т/га, что делало бессмысленным вычленение в схеме эксперимента аналогичного варианта, роль которого в нашем случае возлагалась на контроль. Таким образом, при абсолютном подобии схем внесения минеральных удобрений под опытные культуры внесение органических удобрений имело место в III варианте опыта только под свеклой столовой. Тем не менее, во избежание путаницы при систематизации результатов исследований, мы сочли целесообразным сохранить ту же самую нумерацию вариантов в опытах с морковью и капустой, что и в опыте со свеклой, исключив из нее III вариант.

Объектами исследований являлись корнеплоды моркови сорта Лявоніха и свеклы столовой сорта Прыгажуня, а также капуста позднего срока созревания сорта Мара.

В усредненных свежих пробах зрелой продукции исследуемых овощных культур повариантно определяли следующие показатели биохимического состава: содержание сухих веществ – по ГОСТ 8756.2–82 [2]; титруемых кислот (общей кислотности) в расчете на яблочную кислоту – объемным методом [3]; аскорбиновой кислоты – стандартным индофенольным методом [3].

В высушенных при температуре 65° С усредненных пробах растительного сырья повариантно определяли содержание азота, фосфора, калия – по методу К. П. Фоменко и Н. Н. Нестерова [5], кальция и магния – объемным методом [3].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований (табл. 1) показали, что содержание сухих веществ в корнеплодах *моркови*, в зависимости от уровня минерального питания, составляло 11,1–13,0%, титруемых (свободных органических) кислот – 1,1–2,2%, витамина С – 84,9–172,4 мг% сухой массы.

Широта представленных диапазонов значений свидетельствует о существенном влиянии минерального фона на данные характеристики биохимического состава корнеплодов моркови. Наиболее отчетливое суждение о направленности и степени этого влияния можно составить по данным табл. 2, в которой приведены относительные размеры статистически значимых различий с контролем содержания рассматриваемых веществ в продукции каждого удобрявшегося варианта опыта.

Установлено, что внесение минеральных удобрений способствовало увеличению в корнеплодах моркови содержания сухих веществ на 4,5–17,1%, причем наиболее выраженный эффект наблюдался на фоне внесения смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства, а также высоких доз обоих видов комплексных минеральных удобрений. При этом

на фоне комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 данный эффект был получен лишь при внесении его средней дозы в сочетании с эпином.

В большинстве удобрявшихся вариантов опыта не было выявлено статистически значимых различий с контролем в содержании в корнеплодах моркови свободных органических кислот. Лишь на фоне средней дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 отмечено увеличение их содержания на 22,2%, тогда как его средняя доза в сочетании с эпином привела к обратному эффекту – снижению содержания титруемых кислот почти на 40% по сравнению с контролем. Весьма выразительным – на 16,7% – оказалось подобное снижение и в X варианте опыта на фоне внесения смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства.

Т а б л и ц а 1. Содержание свободных органических кислот и витамина С в сухой массе овощей при разном уровне минерального питания

Вариант опыта	Сухие вещества, %		Титруемые кислоты, %		Витамин С, мг%	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
<i>Морковь</i>						
I (контроль)	11,1±0		1,8±0,1		164,5±3,4	
II	11,7±0	11,6*	1,8±0	-0,7	172,4±5,2	1,3
IV	11,6±0	7,7*	1,9±0,1	0,7	152,4±3,2	-2,6
V	11,6±0	7,8*	1,8±0	-0,2	138,6±2,1	-6,6*
VI	13,0±0	30,1*	1,8±0,1	-0,6	91,8±2,9	-16,5*
VII	12,3±0,1	12,8*	2,2±0	3,9*	114,3±3,0	-11,1*
VIII	11,8±0,1	4,4*	1,9±0	1,1	93,2±2,1	-18,1*
IX	12,9±0	38,2*	1,1±0	-8,3*	84,9±3,8	-15,7*
X	12,9±0,1	13,3*	1,5±0	-4,2*	89,9±2,2	-18,5*
<i>Свекла столовая</i>						
I (контроль)	15,3±0		1,4±0,1		254,8±15,0	
II	17,8±0,1	38,1*	1,2±0	-3,5*	231,8±8,9	-1,3
III	14,2±0,1	-10,0*	1,6±0	2,9*	460,3±14,0	10,0*
IV	17,3±0	54,3*	1,2±0	-3,9*	256,6±7,0	0,6
V	19,4±0	86,3*	1,0±0	-6,5*	296,7±10,3	2,8*
VI	17,1±0	85,5*	1,2±0	-3,5*	298,1±4,6	3,0*
VII	16,9±0,2	9,0*	1,3±0	-1,9	371,8±9,8	6,5*
VIII	17,0±0,2	8,1*	1,3±0	-1,6	356,0±23,3	3,6*
IX	17,0±0	87,8*	1,1±0	-4,9*	299,4±4,6	2,8*
X	17,8±0,1	24,5*	1,2±0	-3,4*	302,6±4,5	3,0*
<i>Капуста поздняя</i>						
I (контроль)	9,1±0,1		2,5±0		708,4±12,4	
II	7,4±0	-15,8*	3,0±0,1	5,9*	934,4±22,0	9,0*
IV	9,6±0,1	4,1*	2,3±0	-3,4*	713,4±11,9	0,3
V	7,3±0	-17,9*	3,0±0	9,1*	955,6±6,8	17,5*
VI	9,3±0	2,1	2,7±0,1	2,1	810,5±13,4	5,6*
VII	8,3±0,1	-6,5*	2,6±0	2,7	932,9±15,0	11,6*
VIII	9,3±0,1	1,9	2,9±0	7,6*	846,4±20,4	5,8*
IX	9,2±0,2	0,7	2,8±0,1	4,8*	689,1±6,8	-1,4
X	9,2±0,1	0,6	2,4±0,1	-1,6	854,6±6,8	10,4*

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$. То же для табл. 3.

Что касается аскорбиновой кислоты, то внесение минеральных удобрений обусловило преимущественное обеднение ею корнеплодов моркови на 15,7–48,4% относительно неудобренного агрофона. Это наиболее отчетливо проявилось в вариантах опыта с внесением высоких доз обоих видов комплексных удобрений, а также смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства. Заметим, что корнеплоды моркови, как следует из данных табл. 1, не отличаются высоким содержанием витамина С. Ее главным преимуществом в ряду овощных культур

является повышенной способностью к биосинтезу β -каротина и других полезных веществ. В этой связи при обосновании регламентов и целесообразности внесения тех или иных видов минеральных удобрений под культуру моркови следует ориентироваться на результаты комплексной оценки изменений в биохимическом составе корнеплодов при усилении минерального питания.

Т а б л и ц а 2. Относительные различия с контролем содержания сухих веществ, свободных органических кислот и витамина С в сухой массе овощей при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Сухие вещества	Титруемые кислоты	Витамин С
<i>Морковь</i>			
II	+ 5,4	–	–
IV	+ 4,5	–	–
V	+ 4,5	–	-15,7
VI	-17,1	–	-44,2
VII	+ 10,8	+ 22,2	-30,5
VIII	+ 6,3	–	-43,3
IX	+ 16,2	-38,9	-48,4
X	+ 16,2	-16,7	-45,3
<i>Свекла столовая</i>			
II	+ 16,3	-14,3	–
III	-7,2	+ 14,3	+ 80,6
IV	+ 13,1	-14,1	–
V	+ 26,8	-28,6	+ 16,4
VI	+ 11,8	-14,3	+ 17,0
VII	+ 10,4	–	+ 45,9
VIII	+ 11,1	–	+ 39,7
IX	+ 11,1	-21,4	+ 17,5
X	+ 16,3	-14,3	+ 18,8
<i>Капуста поздняя</i>			
II	-18,7	+ 20,0	+ 31,9
IV	+ 5,6	-8,0	–
V	-19,8	+ 20,0	+ 34,9
VI	–	–	+ 14,4
VII	-8,8	–	+ 31,7
VIII	–	+ 16,0	+ 19,5
IX	–	+ 12,0	–
X	–	–	+ 20,6

П р и м е ч а н и е. Прочерк (–) означает отсутствие статистически достоверных различий с контролем при $P < 0,05$. То же для табл. 4.

Корнеплоды *свеклы столовой* характеризуются более высоким, чем корнеплоды моркови, содержанием сухих веществ, составившим, по нашим оценкам, в рамках эксперимента 14,2–19,4% (см. табл. 1). Усиление минерального питания способствовало увеличению в корнеплодах свеклы, подобно моркови, но выраженному в большей степени, содержания сухих веществ (см. табл. 2). В зависимости от уровня агрохимического обеспечения размер данного увеличения в корнеплодах свеклы столовой относительно контроля составлял 10,4–26,8%, тогда как в моркови – 4,5–17,1%. При этом внесение средней дозы смеси простых удобрений во II и X вариантах опыта со свеклой столовой обеспечило адекватное увеличение по сравнению с неудобренным агрофоном содержания в ней сухих веществ (на 16,3%). Внесение комплексного удобрения 16-12-20 с бором и серой обеспечило наибольший выход сухих веществ в корнеплодах свеклы в варианте с его средней дозой.

Внесение комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 в опыте со свеклой, независимо от его дозы и использования регулятора роста эпин, обусловило примерно одинаковое увеличение содержания в ней сухих веществ – в пределах 10,4–11,1%. Внесение органических удобрений

в эксперименте со свеклой приводило к снижению на 17,2% содержания в корнеплодах сухих веществ относительно контроля.

Преобладающей тенденцией в изменении параметров накопления титруемых кислот в корнеплодах свеклы на фоне внесения минеральных удобрений, составлявших 1,0–1,6% сухой массы (см. табл. 1), являлось их снижение, наиболее выраженное в вариантах опыта со средней дозой комплексного удобрения 16-12-20 с бором и серой (на 28,6%) и со средней дозой комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 в сочетании с эпином (на 21,4%) (см. табл. 2). Для двух других вариантов опыта с внесением комплексного бесхлорного удобрения достоверных различий с контролем в содержании свободных органических кислот установлено не было. В отличие от минеральных удобрений внесение органических удобрений на 14,3% повышало содержание данных соединений в корнеплодах свеклы.

Диаметрально противоположной оказалась ответная реакция растений свеклы и моркови на внесение минеральных удобрений в отношении накопления в корнеплодах витамина С. Так, если для моркови было показано обеднение их витамином С, то для свеклы в подавляющем большинстве удобрявшихся вариантов опыта было характерно достоверное увеличение на 16,4–45,9% выхода аскорбиновой кислоты по сравнению с контролем при наиболее выраженном эффекте на фоне внесения обеих доз комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15. Активизация биосинтеза витамина С в корнеплодах свеклы столовой на фоне внесения минеральных удобрений оказалась существенно меньшей, чем при внесении органических удобрений. Последнее обусловило увеличение в них содержания аскорбиновой кислоты более чем на 80% по сравнению с контролем.

Содержание сухих веществ в *капусте*, заметно уступавшее таковому в корнеплодах двух предыдущих овощных культур, варьировалось в рамках полевого эксперимента от 7,4 до 9,6% (табл. 1). Но в отличие от них усиление минерального питания отнюдь не способствовало накоплению сухих веществ в капусте, обусловив либо отсутствие изменений в их содержании по сравнению с неудобренным агрофоном (варианты VI, VIII–X), либо его снижение на 8,8–19,8%, и лишь в единичном случае – на фоне внесения малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 – отмечено весьма незначительное (на 5,5%) его увеличение (см. табл. 2).

В характере изменений параметров накопления в капусте свободных органических кислот, составлявших, по нашим оценкам, 2,3–3,0% сухой массы (см. табл. 1), напротив, показано либо увеличение их содержания на 12–20% относительно контроля (варианты II, V, VIII, IX), либо отсутствие его изменений и лишь в единичном случае – на фоне малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 – наблюдалось незначительное (на 8%) снижение в ней содержания титруемых кислот (см. табл. 2).

Содержание витамина С в капусте оказалось в несколько раз выше, чем в корнеплодах моркови и свеклы, и, по нашим оценкам, изменялось в рамках полевого опыта от 708,4 до 955,6 мг% сухой массы (см. табл. 1). Усиление минерального питания существенно активизировало его накопление в капусте, что подтверждается превышением контрольных показателей в большинстве удобрявшихся вариантов опыта на 14,4–34,9%. Лишь на фоне малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 и совместного внесения с эпином бесхлорного комплексного удобрения 13-7-15 не зафиксировано сколь-либо выраженных изменений в содержании в капусте аскорбиновой кислоты (см. табл. 2).

Содержание химических элементов в сухой массе корнеплодов *моркови* в рамках полевых экспериментов варьировалось в следующих диапазонах значений: N – 1,28–2,02%; P – 0,41–0,54; K – 3,57–3,81; Ca – 0,60–0,88; Mg – 0,19–0,34% (табл. 3). **Широта приведенных диапазонов значений** для большинства питательных элементов однозначно свидетельствует о выраженной зависимости параметров их накопления от состояния минерального фона. Данные табл. 4 указывают на существенное усиление относительно контроля аккумуляции в корнеплодах моркови соединений азота и фосфора во всех без исключения вариантах опыта с внесением минеральных удобрений. Лишь на фоне внесения смеси простых удобрений во II варианте **увеличение содержания** в них азота не нашло статистического подтверждения. Активизацию накопления данного элемента в корнеплодах, на наш взгляд, нельзя рассматривать в качестве позитивного явления, поскольку она может быть сопряжена с увеличением в них концентрации нитратов.

Таблица 3. Содержание питательных элементов в сухой массе овощей при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Азот		Фосфор		Калий		Кальций		Магний	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
<i>Морковь</i>										
I (контроль)	1,28±0,01		0,41±0,01		3,77±0,02		0,66±0,03		0,34±0,02	
II	1,34±0,02	2,3	0,51±0,01	7,1*	3,77±0,02	0	0,68±0,06	0,4	0,27±0,02	-2,4
IV	1,54±0,02	9,6*	0,54±0,01	8,7*	3,70±0,02	-2,4	0,60±0,01	-1,8	0,33±0,01	-0,6
V	1,67±0,02	15,6*	0,46±0,01	3,9*	3,77±0,02	0	0,61±0,02	-1,3	0,31±0,01	-1,2
VI	1,71±0,04	9,4*	0,53±0,01	7,4*	3,57±0,02	-6,9*	0,62±0,04	-0,8	0,22±0,01	-5,2*
VII	1,98±0,02	28,3*	0,49±0,01	4,9*	3,70±0,02	-2,4	0,79±0,03	3,2*	0,27±0,02	-2,8*
VIII	2,02±0,02	29,7*	0,51±0,01	7,8*	3,74±0,04	-0,6	0,88±0,01	6,7*	0,19±0,01	-6,5*
IX	1,89±0,02	22,5*	0,48±0,01	5,4*	3,81±0,01	1,7	0,67±0,02	0,4	0,26±0,01	-3,4*
X	1,89±0,02	22,5*	0,51±0,01	6,1*	3,57±0,02	-6,9*	0,64±0,01	-0,7	0,30±0,03	-1,3
<i>Свекла столовая</i>										
I (контроль)	1,82±0,02		0,35±0,01		3,74±0,04		0,33±0,01		0,27±0,01	
II	1,67±0,02	-5,2*	0,35±0,01	0	3,77±0,02	0,6	0,50±0,01	11,5*	0,13±0,01	-16,2*
III	1,61±0,01	-8,4*	0,45±0,01	12,2*	3,64±0,02	-2,3	0,26±0,02	-3,2*	0,13±0,01	-17,2*
IV	2,09±0,02	8,9*	0,46±0,01	8,5*	3,32±0,04	-7,1*	0,48±0,01	10,1*	0,14±0,01	-10,1*
V	1,67±0,02	-5,2*	0,41±0,01	5,4*	3,42±0,02	-7,3*	0,40±0,01	5,1*	0,20±0,01	-8,6*
VI	1,89±0,02	2,4	0,47±0,01	14,7*	3,08±0,03	-13,8*	0,30±0,01	-2,3	0,17±0,01	-12,2*
VII	2,22±0,02	14,0*	0,46±0,01	13,5*	2,62±0,03	-23,4*	0,37±0,02	1,3	0,24±0,01	-3,8*
VIII	1,96±0,01	5,6*	0,46±0,01	13,5*	2,80±0,03	-18,3*	0,46±0,03	3,5*	0,19±0,02	-3,4*
IX	1,99±0,03	4,3*	0,51±0,01	19,6*	2,62±0,03	-23,4*	0,40±0,01	5,1*	0,13±0,01	-12,1*
X	1,54±0,02	-9,0*	0,41±0,01	7,4*	2,39±0,02	-29,9*	0,56±0,02	9,2*	0,28±0,01	1,0
<i>Капуста поздняя</i>										
I (контроль)	2,78±0,04		0,43±0,01		3,77±0,02		0,68±0,01		0,37±0,03	
II	2,94±0,02	3,3*	0,46±0,01	3,7*	3,54±0,01	-8,9*	0,89±0,06	3,6*	0,28±0,02	-2,8*
IV	2,22±0,02	-11,7*	0,50±0,01	8,6*	3,28±0,02	-16,0*	0,70±0,01	1,3	0,21±0,01	-5,3*
V	2,70±0,01	-1,7	0,55±0,01	9,3*	3,81±0,01	1,7	0,64±0,02	-1,2	0,31±0,01	-2,8*
VI	2,42±0,02	-7,5*	0,46±0,01	3,7*	2,89±0,02	-26,9*	0,62±0,07	-0,7	0,38±0,01	0,6
VII	2,62±0,02	-3,5*	0,54±0,01	13,5*	3,77±0,02	0	0,75±0,03	2,3	0,42±0,01	2,0
VIII	2,64±0,03	-2,8*	0,54±0,01	13,5*	3,77±0,02	0	0,69±0,03	0,5	0,29±0,01	-2,8*
IX	2,73±0,01	-1,1	0,53±0,01	7,8*	3,42±0,02	-12,1*	0,61±0,01	-4,3*	0,36±0,03	-0,2
X	2,54±0,02	-4,8*	0,49±0,01	3,6*	3,74±0,04	-0,6	0,56±0,03	-3,6*	0,36±0,01	-0,1

Т а б л и ц а 4. Относительные различия с контролем содержания питательных элементов в сухой массе овощей при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Азот	Фосфор	Калий	Кальций	Магний
<i>Морковь</i>					
II	–	+ 24,4	–	–	–
IV	+ 20,3	+ 31,7	–	–	–
V	+ 30,5	+ 12,2	–	–	–
VI	+ 33,6	+ 29,3	-5,3	–	-35,3
VII	+ 54,7	+ 19,5	–	+ 19,7	-20,6
VIII	+ 57,8	+ 24,4	–	+ 33,3	-44,1
IX	+ 47,7	+ 17,1	–	–	-23,5
X	+ 47,7	+ 24,4	-5,3	–	–
<i>Свекла столовая</i>					
II	-8,2	–	–	+ 51,5	-51,8
III	-11,5	+ 28,6	–	-21,2	-51,8
IV	+ 14,8	+ 31,4	-11,2	+ 45,4	-48,1
V	-8,2	+ 17,1	-8,6	+ 21,2	-25,9
VI	–	+ 34,3	-17,6	–	-37,0
VII	+ 22,0	+ 31,4	-29,9	–	-11,1
VIII	+ 7,7	+ 31,4	-25,1	+ 39,4	-29,6
IX	+ 9,3	+ 45,7	-29,9	+ 21,2	-51,8
X	-15,4	+ 17,1	-36,1	+ 69,7	–
<i>Капуста поздняя</i>					
II	+ 5,8	+ 7,0	-6,1	+ 30,9	-24,3
IV	-20,1	+ 16,3	-13,0	–	-43,2
V	–	+ 27,9	–	–	-16,2
VI	-12,9	+ 7,0	-23,3	–	–
VII	-5,8	+ 25,6	–	–	–
VIII	-5,0	+ 25,6	–	–	-21,6
IX	–	+ 23,3	-9,3	-10,3	–
X	-8,6	+ 13,9	–	-17,6	–

При этом наиболее выраженный эффект, обеспечивший увеличение в корнеплодах моркови содержания азота на 54,7–57,8% по сравнению с контролем, установлен в VI и VIII вариантах опыта на фоне внесения обеих доз комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15. Несколько меньший, причем идентичный размер данного увеличения в пределах 47,7%, показан на фоне средней дозы последнего в сочетании с эпином, а также смеси простых удобрений в дозе, рекомендуемой Институтом овощеводства. Использование же другого вида комплексного удобрения – 16-12-20 – обусловило заметно меньшее усиление накопления азота в корнеплодах моркови, последовательно нараставшее с увеличением его дозы, – от 20,3 до 33,6% относительно контроля.

Активизацию на 12,2–31,7% накопления в продукции моркови всех удобрявшихся вариантов опыта другого, но уже весьма полезного для здоровья человека элемента – фосфора, напротив, мы рассматриваем весьма позитивно. Наиболее выразительной в эксперименте она оказалась на фоне внесения малой и высокой доз комплексного минерального удобрения 16-12-20, наименьшей – на фоне его средней дозы. В остальных же случаях существенных межвариантных различий в размерах увеличения содержания в моркови фосфора выявлено не было.

Обращает на себя внимание практически полное отсутствие в рамках эксперимента влияния минерального фона на содержание в корнеплодах моркови калия, поскольку в подавляющем большинстве вариантов опыта с внесением удобрений не выявлено достоверных различий с контролем по данному параметру, и лишь в двух вариантах (VI и X) – отмечено крайне незначительное его снижение – в пределах 5%.

Аналогичная картина наблюдалась и в отношении кальция, для параметров накопления которого в корнеплодах моркови также было показано практически полное отсутствие выраженных

различий с контролем в вариантах опыта с внесением удобрений, за исключением VII и VIII, в которых применение обеих доз комплексного бесхлорного минерального удобрения 13-7-15 обусловило увеличение содержания данного элемента на 19,7 и 33,3% соответственно относительно не-удобренного агрофона. Вместе с тем внесение этого вида удобрения вызвало обеднение корнеплодов моркови магнием на 20,6–44,1% при наиболее выраженном эффекте от его высокой дозы. Заметим, что довольно выразительное ослабление аккумуляции данного элемента в них отмечено и на фоне высокой дозы другого вида комплексного удобрения – 16-12-20. В остальных же случаях усиление минерального питания не влияло на содержание магния в корнеплодах моркови.

Корнеплоды *свеклы столовой* характеризуются довольно близким с корнеплодами моркови содержанием химических элементов, составлявшим в рамках эксперимента: N – 1,67–2,22%; P – 0,35–0,51; K – 2,39–3,77; Ca – 0,26–0,56; Mg – 0,13–0,28% сухой массы (см. табл. 3), однако характер изменений параметров их накопления при усилении минерального питания был несколько иным. Как следует из данных табл. 4, активизация накопления азота в корнеплодах свеклы, как и моркови, наиболее отчетливо проявилась на фоне внесения комплексного бесхлорного удобрения, но была намного слабее, особенно на фоне его высокой дозы, обеспечившей увеличение в них содержания азота лишь на 7,7–9,3% относительно контроля. Более выразительным – на 22% – оказалось подобное увеличение при использовании малой дозы данного вида удобрения. Что касается другого вида комплексного удобрения 16-12-20, то и для него было показано наличие эффекта активизации накопления азота на 14,8% лишь на фоне внесения его наименьшей дозы, тогда как на фоне средней и высокой доз – соответственно снижение и отсутствие изменений в содержании элемента по сравнению с контролем. Обращает на себя внимание ослабление аккумуляции азота в корнеплодах свеклы на 8,2–15,4% в вариантах опыта с внесением органических и смеси простых удобрений, независимо от их дозы, что представляется нам вполне позитивным явлением.

Усиление минерального питания в рамках полевого эксперимента обусловило, как и в корнеплодах моркови, заметное увеличение в корнеплодах свеклы содержания фосфора (см. табл. 4). Наиболее существенным (на 45,7%) оно оказалось на фоне средней дозы комплексного бесхлорного удобрения в сочетании с эпином. Наименьший эффект – увеличение на 17,1% – установлен на фоне средней дозы другого вида комплексного удобрения 16-12-20 и смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства (варианты V и X).

В отличие от корнеплодов моркови, для которых почти не было установлено изменений в содержании калия при усилении минерального питания, для корнеплодов свеклы в этом случае было характерно существенное обеднение данным элементом – на 8,6–36,1%, особенно на фоне внесения комплексного бесхлорного удобрения и смеси простых удобрений в дозе, предложенной Институтом овощеводства. Значительно меньшим (в пределах 8,6–17,6%) оказалось снижение в них содержания калия по сравнению с контролем на фоне внесения другого вида комплексного удобрения – 16-12-20, и никоим образом не повлияло на параметры его накопления внесение органических и смеси простых удобрений (II и III варианты опыта).

Наряду с этим внесение удобрений заметно активизировало накопление в корнеплодах свеклы кальция, обусловив в большинстве случаев увеличение его содержания в них по сравнению с контролем на 21,2–69,7% при наиболее выраженном эффекте на фоне внесения смеси простых удобрений (II и X варианты опыта). При этом внесение органических удобрений вызвало противоположный эффект – снижение на 21,2% содержания в корнеплодах данного элемента.

Усиление минерального питания способствовало заметному обеднению корнеплодов свеклы магнием, подобно таковому в корнеплодах моркови. Но здесь оно отличалось большей выразительностью, проявившись во всех удобрявшихся вариантах опыта, за исключением X, при расхождении с контролем в пределах 11,1–51,8% (см. табл. 4). Наибольшие размеры данных различий зафиксированы во II–IV и IX вариантах опыта.

Несмотря на проявление индивидуальных для каждой овощной культуры особенностей изменения элементного состава корнеплодов при усилении минерального питания, обращает на себя внимание определенная общность тенденций в поведении отдельных элементов, свидетельствующая о наличии антагонизма во взаимодействии при поступлении в растения двух групп элементов, с одной стороны, азота, фосфора и кальция, преимущественно активизирующих свое накопление, а с другой стороны – калия и магния, в основном ослабляющих накопление. При этом в корнеплодах свеклы данная закономерность выражена заметно в большей степени, чем в корнеплодах моркови.

Содержание питательных элементов в сухой массе *капусты поздней*, по нашим оценкам, варьировалось в зависимости от уровня агрофона в следующих диапазонах значений: для N – 2,22–2,94%; P – 0,43–0,55; K – 2,89–3,81; Ca – 0,56–0,89; Mg – 0,21–0,42% сухой массы (см. табл. 3).

Как и у двух предыдущих овощных культур, усиление минерального питания способствовало увеличению в ней на 7–28% по сравнению с контролем содержания фосфора при наиболее выраженном эффекте на фоне внесения комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 (см. табл. 4). Это сопровождалось обеднением продукции большинства удобрявшихся вариантов опыта азотом на 5–20%, особенно на фоне внесения другого вида комплексного удобрения – 16-12-20, обусловившего также снижение в ней содержания калия и магния – на 13 и 23%, 16 и 43% соответственно. В остальных удобрявшихся вариантах опыта также доминировали отрицательные тенденции в изменении уровня накопления данных элементов. В наименьшей степени внесение удобрений отразилось на накоплении в капусте кальция, для которого было показано его усиление на 31% во II и ослабление на 10 и 18% в IX и X вариантах опыта соответственно.

Заключение. Сравнительное исследование параметров накопления органических кислот и питательных элементов в продукции трех овощных культур – моркови, свеклы столовой и капусты поздней на фоне внесения разных видов и доз минеральных и органических (под свеклу) удобрений в рамках полевого эксперимента на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показало, что обогащение минерального фона заметно **усиливало** накопление сухих веществ: в корнеплодах моркови и свеклы столовой – на 5–17 и 10–27% соответственно; свободных органических кислот: в капусте поздней – на 16–20%; витамина С: в корнеплодах свеклы столовой и капусте поздней – на 16–81 и 14–35% соответственно; азота: в корнеплодах моркови – на 20–58%; фосфора в продукции всех овощных культур: моркови – на 12–32%, свеклы – на 17–46, капусты поздней – на 7–28%; кальция: в корнеплодах свеклы – на 21–70%.

Вместе с тем на фоне внесения удобрений происходило выраженное **снижение** в овощной продукции содержания свободных органических кислот: в корнеплодах моркови и свеклы столовой – на 17–39 и 14–29% соответственно; витамина С: в корнеплодах моркови – на 15–48%; азота: в капусте поздней – на 5–20% и отчасти в корнеплодах свеклы столовой – на 8–15%; калия: в корнеплодах свеклы столовой – на 9–36% и отчасти в капусте поздней – на 6–23%, а также соединенный магния в продукции всех овощных культур: моркови – на 20–44%, свеклы столовой – на 11–52, капусты поздней – на 16–43%.

При этом усиление минерального питания не оказало сколь-либо заметного влияния на содержание калия, кальция и магния в корнеплодах моркови и капусте.

Наиболее выраженные позитивные сдвиги в качестве овощной продукции на фоне наименьших потерь полезных веществ установлены при внесении комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 и смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства.

Литература

1. Биологически активные вещества пищевых продуктов: Справочник / В. В. Петрушевский, А. А. Казаков, В. А. Бандюкова и др. Киев: Техніка, 1985. 127 с.
2. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2–82. М.: Изд-во стандартов, 1982. 5 с.
3. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 430 с.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.
5. Фоменко К. П., Нестеров Н. Н. Методика определения азота, фосфора и калия в растениях из одной навески // Химия в сельском хозяйстве. 1971. № 10. С. 72–74.
6. Шмерко Е. П., Мазан И. Ф. Лечение и профилактика растительными средствами. Баку: Изд-во Азербайджан, 1992. 316 с.

*J. A. RUPASOVA¹, A. A. AUTKO², An. A. AUTKO², N. P. VARAVINA¹,
R. N. RUDAKOVSKAYA¹, T. I. VASILEVSKAYA¹, O. V. POZNYAK¹*

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE ACCUMULATION OF ORGANIC ACIDS AND NUTRIENTS IN VEGETABLE PRODUCTS UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

Summary

The results of comparative study of accumulation parameters of dry matters, free organic acids, vitamin C (ascorbic acid), and nutrients (N, P, K, Ca, Mg) in carrot, table beet, and late cabbage material with the application of mineral and organic (in the case of table beet) fertilizers of various types and doses within the frames of a 10-variant experiment on sod-podzol light loam soils are presented.