

УДК 631.8:547:635.1/.8:[631.445.24+631.442.4] (476)

Ж. А. РУПАСОВА¹, А. А. АУТКО², А. Ан. АУТКО², Н. П. ВАРАВИНА¹, Р. Н. РУДАКОВСКАЯ¹,
Г. В. ПИРОГОВСКАЯ³, О. В. ПОЗНЯК²

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ В ПРОДУКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси,

²Институт овощеводства НАН Беларуси,

³Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 18.04.2006)

Введение. Получение высоких урожаев высокотребовательных к условиям минерального питания овощных культур – моркови, свеклы столовой и капусты – на сравнительно бедных дерново-подзолистых почвах, распространенных на территории Беларуси, ставит в число первоочередных задач оптимизацию режима их минерального питания на основе внесения удобрений. Последнее же является не только мощным фактором управления биологической продуктивностью растений, но и оказывает существенное влияние на накопление в их продукции полезных веществ. Среди показателей биохимического состава овощей особое место занимают углеводы и в первую очередь растворимые сахара, представляющие собой основной источник трофических и энергетических ресурсов для человеческого организма [1].

Важнейшими в питании человека усвояемыми полисахаридами коллоидного характера являются пектиновые вещества, образующиеся при окислительных превращениях низкомолекулярных углеводов, – моноз и сахарозы до галактуроновой кислоты, являющейся их предшественником. Являясь стабилизаторами аскорбиновой кислоты, пектиновые вещества служат хорошим противоядием в отношении тяжелых металлов и других токсинов, способствуя их выведению из организма, чем и обусловлено в основном физиологическое действие этих соединений [5]. Наряду с этим они обладают выраженным гипохолестеринемическим действием, в также снижают уровень сахара в крови больных сахарным диабетом, благодаря чему препараты пектина широко используются в лечебно-профилактическом питании. Различают два вида пектиновых веществ – гидропектины (растворимые в воде) и протопектины. Первые являются метиловыми эфирами полигалактуроновых кислот. Вторые представляют собой нерастворимые в воде комплексы пектина с целлюлозой и гемицеллюлозой.

Цель настоящих исследований – изучение влияния внесения удобрений на накопление углеводов в продукции овощных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях Беларуси.

Материалы и методы исследований. 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 НАН Беларуси в г.п. Самохваловичи Минской области в 2004–2005 гг.:

I (контроль) – без удобрений;

II – смесь простых удобрений (средняя доза):

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

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

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

под морковь – $N_{40}P_{30}K_{50}$; под свеклу – $N_{60}P_{45}K_{75}$; под капусту – $N_{90}P_{68}K_{113}$;

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

под морковь – $N_{70}P_{53}K_{88}$; под свеклу – $N_{90}P_{68}K_{113}$; под капусту – $N_{120}P_{90}K_{150}$;

VI – **высокая доза** 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 – **высокая 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 простых удобрений (**средняя доза**) – по рекомендациям Института овощеводства

НАН Беларуси: 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.

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 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 пробах зрелой продукции овощных культур, высушенных при температуре 65°C, повариантно определяли содержание глюкозы, фруктозы, сахарозы – резорциновым и анилинфталатным методами бумажной хроматографии по И. Г. Завадской и др. [3], пектиновых веществ (водорастворимого пектина и протопектина) – карбазольным методом [2].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием указаний Г. Ф. Лакина [4].

Результаты и их обсуждение. Корнеплоды *моркови* чрезвычайно богаты растворимыми сахарами, суммарное содержание которых в их сухой массе в большинстве вариантов опыта достигало 19–21% (табл. 1). Доминирующее положение в пуле растворимых сахаров, по нашим данным, принадлежало фруктозе, относительная доля которой в нем в основном превышала 60%, хотя по сведениям некоторых авторов [6] преобладающим компонентом пула данных веществ является глюкоза. В наших же исследованиях на долю последней приходилось не более 8–13% общего количества растворимых сахаров, остальная часть (26–30%) приходилась на долю сахарозы.

Внесение минеральных удобрений практически не отразилось на общей сахаристости корнеплодов моркови, на что указывает отсутствие статистически значимых расхождений с контролем по суммарному содержанию в них растворимых сахаров в большинстве удобрявшихся вариантов опыта (табл. 2). Лишь в двух из них – II и VIII – имело место соответственно увеличение на 7% и снижение на 17% величины данного показателя. Вместе с тем усиление минерального

Т а б л и ц а 1. Содержание углеводов в сухой массе корнеплодов моркови при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Растворимые сахара									
	глюкоза		фруктоза		сахароза		сумма		глюкоза / фруктоза	
	$M \pm m$	t_k	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	2,48±0,05		12,0±0,29		5,27±0,23		19,75±0,50		0,21±0,01	
II	1,92±0,09	-5,4*	13,50±0,29	3,7*	5,74±0,33	1,2	21,16±0,05	2,9*	0,14±0	-8,5*
IV	1,64±0,06	-11,0*	13,23±0,15	3,8*	5,65±0,08	1,6	20,53±0,22	1,4	0,12±0	-11,2*
V	2,12±0,06	-4,7*	12,73±0,18	2,2	4,29±0,18	-3,3*	19,14±0,18	-1,1	0,17±0,01	-4,2*
VI	2,56±0,09	0,8	12,20±0,12	0,6	5,39±0,16	0,4	20,15±0,14	0,8	0,21±0,01	0,6
VII	1,76±0,09	-7,0*	12,77±0,20	2,2	6,19±0,08	3,8*	20,71±0,34	1,6	0,14±0,01	-7,4*
VIII	2,19±0,03	-5,5*	7,40±0,35	-10,2*	6,72±0,11	5,7*	16,31±0,39	-5,4*	0,30±0,01	5,6*
IX	1,71±0,07	-9,2*	11,40±0,31	-1,4	7,28±0,10	7,9*	20,39±0,48	0,9	0,15±0	-8,0*
X	1,63±0,07	-10,1*	11,93±0,22	-0,2	6,39±0,10	4,5*	19,95±0,33	0,3	0,14±0,01	-6,3*
Вариант опыта	Растворимые сахара		Пектиновые вещества							
	монозы/дисахарид		гидропектин		протопектин		сумма		протопектин / гидропектин	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	2,76±0,10		1,18±0,03		3,78±0,03		4,96±0,01		3,2±0,1	
II	2,71±0,21	-0,2	1,70±0,01	17,4*	4,09±0,01	9,1*	5,79±0,03	31,0*	2,4±0	-9,4*
IV	2,63±0,01	-1,3	1,39±0,01	8,0*	2,75±0,12	-8,1*	4,14±0,13	-6,3*	2,0±0,1	-10,2*
V	3,48±0,16	3,8*	1,36±0,01	6,0*	4,10±0,02	9,0*	5,46±0,01	37,2*	3,0±0,1	-2,2
VI	2,74±0,09	-0,1	1,44±0,01	9,7*	3,58±0,08	-2,3	5,02±0,09	0,68	2,5±0,1	-7,0*
VII	2,35±0,02	-4,2*	1,39±0,06	3,1*	3,67±0,02	-2,9*	5,06±0,04	2,45	2,6±0,1	-3,5*
VIII	1,42±0,05	-12,3*	1,46±0,01	9,4*	3,84±0,16	0,4	5,30±0,14	2,38	2,6±0,1	-3,5*
IX	1,80±0,03	-9,4*	0,89±0,01	-10,1*	5,26±0,03	32,8*	6,15±0,04	27,1*	5,9±0,1	25,3*
X	2,12±0,01	-6,5*	0,87±0,02	-9,2*	5,65±0,03	41,3*	6,52±0,02	95,5*	6,5±0,2	16,7*

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с контролем при $P < 0,05$. То же для табл. 3, 4.

питания вызвало существенные изменения в качественном составе растворимых сахаров за счет ингибирования биосинтеза одних и активизации накопления других фракций этих веществ. Так, в продукции всех удобрявшихся вариантов опыта, кроме VI, отмечено снижение содержания глюкозы на 12–34%, наиболее выраженное на фоне внесения средней и высокой (в сочетании с эпином) доз комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15, смеси простых удобрений в дозе, предложенной Институтом овощеводства НАН Беларуси, а также малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 с В и S. Заметим, что в последнем случае с увеличением дозы удобрения происходило выраженное нивелирование различий с контролем по всем без исключения характеристикам пула растворимых сахаров. Вместе с тем внесение малой дозы данного вида комплексного удобрения, равно как и смеси простых удобрений во II варианте опыта, активизировало на 10–12% накопление фруктозы, оказавшейся наиболее устойчивой среди растворимых сахаров к воздействию эдафического фактора. На это указывает отсутствие достоверных различий с контролем в ее содержании в продукции остальных вариантов опыта. Лишь в одном из них – на фоне внесения высокой дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 – наблюдалось снижение содержания данного моносахарида на 38% относительно контроля.

Что касается сахарозы, то внесение простых удобрений во II варианте опыта, а также малой и высокой доз комплексного удобрения с В и S не оказало сколь-либо выраженного влияния на

Т а б л и ц а 2. Относительные различия с контролем содержания углеводов в сухой массе овощных культур при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Растворимые сахара				Пектиновые вещества		
	глюкоза	фруктоза	сахароза	сумма	гидропектин	протопектин	сумма
<i>Морковь</i>							
II	-22,6	+12,5	–	+7,1	+44,1	+8,2	+16,7
IV	-33,9	+10,2	–	–	+17,8	-27,2	-16,5
V	-14,5	–	-18,6	–	+15,2	+8,5	+10,1
VI	–	–	–	–	+22,0	–	–
VII	-29,0	–	+17,5	–	+17,8	-2,9	–
VIII	-11,7	-38,3	+27,5	-17,4	+23,7	–	–
IX	-31,0	–	+38,1	–	-24,6	+39,2	+24,0
X	-34,3	–	+21,2	–	-26,3	+49,5	+31,4
<i>Свекла столовая</i>							
II	+27,9	+23,5	+13,4	+15,4	+33,0	-8,7	–
III	+41,2	+78,2	–	+19,1	+28,7	-4,6	–
IV	–	+48,8	–	–	–	-12,1	-11,4
V	–	–	+14,7	+12,6	+20,0	-32,6	-24,2
VI	–	–	+18,0	+15,8	+25,2	-23,1	-15,4
VII	–	–	–	–	–	-22,4	-18,8
VIII	–	+27,6	–	–	–	-16,4	-12,6
IX	–	+45,3	–	–	+55,6	-7,4	–
X	+27,9	+70,6	+12,6	+20,8	+32,2	-13,8	-6,4
<i>Капуста</i>							
II	+52,7	-10,2	–	–	+34,5	+10,3	+16,3
IV	+34,0	+30,8	–	+21,5	+25,1	+5,5	+10,4
V	–	–	–	–	–	–	–
VI	+42,4	–	–	–	-11,7	–	–
VII	–	–	–	–	+35,7	–	–
VIII	–	+19,3	–	+11,8	+40,9	–	+7,1
IX	+64,5	+9,2	-9,9	+14,2	–	–	–
X	–	–	–	–	+12,3	-13,2	-6,9

Пр и м е ч а н и е. Прочерк (–) означает отсутствие статистически достоверных различий при $P < 0,05$.

ее содержание в корнеплодах моркови, однако внесение средней дозы данного вида удобрения обусловило снижение содержания дисахарида более чем на 18% относительно контроля. Использование в эксперименте другого вида комплексного удобрения – 13-7-15, напротив, заметно активизировало биосинтез сахарозы в корнеплодах моркови, на что указывает последовательное увеличение расхождений с контролем параметров ее накопления в них от 17 до 38% в соответствии с увеличением дозы удобрения, особенно при его сочетании с эпином. Аналогичный стимулирующий эффект был получен и на фоне внесения смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси.

Как видим, усиление минерального питания в рамках полевого эксперимента на фоне отсутствия заметных изменений в общем содержании растворимых сахаров в корнеплодах моркови привело к активизации их взаимных превращений, что обусловило отчетливые сдвиги в соотношении отдельных фракций в пуле этих веществ относительно контроля (см. табл. 1). В большинстве случаев они указывали на ослабление в нем позиций глюкозы и усиление таковых сахарозы, что свидетельствует о качественной перестройке углеводного метаболизма исследуемого объекта в направлении активизации биосинтеза дисахарида.

Общее содержание пектиновых веществ в корнеплодах моркови хотя и уступало в несколько раз таковому растворимых сахаров, было все же весьма значительным и, по нашим оценкам, в зависимости от уровня минерального питания составляло 4,1–6,5% их сухой массы (см. табл. 1). Доминирующее положение в составе пектиновых веществ принадлежало протопектину, содер-

жание которого в 2–6 раз превышало таковое гидропектина. Возвращаясь к материалам табл. 2, нетрудно убедиться, что внесение удобрений обусловило преимущественное увеличение относительно контроля содержания в корнеплодах моркови пектиновых веществ, главным образом их растворимой фракции. Увеличение выхода гидропектина в большинстве удобрявшихся вариантов опыта составляло 15,2–44,1% при наиболее выраженном эффекте при внесении средней дозы смеси простых удобрений во II его варианте. На фоне же их более высокой дозы, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси, напротив, отмечено достоверное снижение на 26,3% содержания растворимого пектина в корнеплодах моркови. Подобный эффект установлен и на фоне внесения комплексного бесхлорного удобрения в сочетании с эпином. Что касается протопектина, то в характере изменений его содержания в корнеплодах моркови на удобренном агрофоне, как правило, прослеживалась противоположная направленность тенденций относительно изменений в содержании гидропектина. Так, активизация биосинтеза последнего в IV и VII вариантах опыта сопровождалась снижением уровня протопектина и, напротив, ослабление накопления гидропектина в IX и X вариантах опыта сочеталось с наиболее значительным в эксперименте усилением накопления нерастворимого пектина. Это однозначно указывает на наличие взаимных превращений пектиновых веществ в продукции данных вариантов опыта, что подтверждается также выраженными изменениями в ней соотношения фракций нерастворимого и растворимого пектинов (см. табл. 1). Поскольку доминирующее положение в пектиновом комплексе моркови принадлежит протопектину, то отмеченное усиление его накопления в IX и X вариантах опыта, несмотря на снижение уровня гидропектина, обусловило наиболее значительное в эксперименте увеличение содержания в корнеплодах моркови пектиновых веществ в целом. Весьма заметным увеличением суммарного содержания пектинов (на 10,1–16,7%) характеризовались корнеплоды моркови также во II и V вариантах опыта, в которых внесение минеральных удобрений стимулировало не только биосинтез в них гидропектина, но и протопектина. Наблюдаемое же в IV варианте опыта значительное (на 27,2%) обеднение корнеплодов моркови протопектином, несмотря на увеличение почти на 18% содержания в них гидропектина, привело к единичному в эксперименте снижению общего содержания пектиновых веществ – на 16,5%. В VI–VIII вариантах опыта, в которых внесение минеральных удобрений стимулировало биосинтез лишь растворимого пектина и практически не влияло на накопление протопектина, суммарное содержание в моркови пектиновых веществ было таким же, как в контроле. Показанные изменения в пектиновом комплексе корнеплодов моркови на удобренном агрофоне в большинстве случаев сопровождалось снижением в нем долевого участия протопектина. Лишь на фоне внесения комплексного бесхлорного удобрения в сочетании с эпином, а также высокой дозы смеси простых удобрений в IV и X вариантах опыта, напротив, наблюдалось увеличение в нем доли нерастворимой фракции пектиновых веществ.

Подобно корнеплодам моркови, для корнеплодов *свеклы столовой* также было характерно значительное содержание растворимых сахаров, варьировавшееся в зависимости от уровня агрохимического обеспечения в диапазоне 12,4–16,0% сухой массы (табл. 3). Но в отличие от моркови доминирующее положение среди них принадлежало не фруктозе, а сахарозе, доля которой в пуле растворимых сахаров в рамках полевого эксперимента составляла 75–84%. Относительное участие в нем фруктозы составляло 12–19%, а глюкозы в основном не превышало 5–6%.

Ответная реакция опытных растений на внесение разных видов удобрений в плане накопления в корнеплодах растворимых сахаров была далеко не однозначной. Наиболее выраженная одновременная активизация биосинтеза в них обеих моноз и сахарозы наблюдалась лишь на фоне внесения смеси простых удобрений во II и X вариантах опыта, результатом чего явилось повышение общего уровня сахаристости корнеплодов относительно неудобренного агрофона – на 15,4 и 20,8% соответственно (табл. 2). Весьма выразительным оказался также стимулирующий эффект от внесения органических удобрений, обеспечивший преимущественно активизацию накопления в корнеплодах моносахаридов на 41–78%. При этом, даже несмотря на незначительное повышение в них содержания дисахарида, не получившее статистического подтверждения,

Т а б л и ц а 3. Содержание углеводов в сухой массе корнеплодов свеклы столовой при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Растворимые сахара									
	глюкоза		фруктоза		сахароза		сумма		глюкоза / фруктоза	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	0,68±0,02		1,70±0,06		10,86±0,13		13,24±0,17		0,40±0,01	
II	0,87±0,04	4,4*	2,10±0,06	4,9*	12,31±0,21	5,8*	15,28±0,23	7,2*	0,41±0,02	0,5
III	0,96±0,02	8,6*	3,03±0,15	8,5*	11,78±0,35	2,5	15,77±0,23	9,0*	0,32±0,02	-3,8*
IV	0,65±0,05	-0,5	2,53±0,15	5,3*	10,80±0,24	-0,2	13,99±0,23	2,6	0,26±0,01	-4,8*
V	0,68±0,02	0	1,77±0,09	0,6	12,46±0,08	10,6*	14,91±0,03	9,7*	0,39±0,01	-1,0
VI	0,68±0,02	0	1,83±0,15	0,8	12,82±0,11	11,7*	15,33±0,21	7,7*	0,37±0,04	-0,6
VII	0,63±0,02	-1,6	1,53±0,09	-1,6	10,27±0,21	-2,4	12,44±0,30	-2,4	0,42±0,02	0,7
VIII	0,64±0,02	-1,2	2,17±0,09	4,4*	10,86±0,13	0	13,67±0,23	1,5	0,30±0,01	-5,6*
IX	0,73±0,04	1,3	2,47±0,15	4,9*	10,77±0,18	-0,4	13,97±0,28	2,2	0,30±0,02	-5,2*
X	0,87±0,04	4,4*	2,90±0,12	9,3*	12,23±0,13	7,5*	15,99±0,03	16,1*	0,30±0,02	-4,3*
Вариант опыта	Растворимые сахара		Пектиновые вещества							
	монозы / дисахарид		гидропектин		протопектин		сумма		протопектин / гидропектин	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	0,22±0,01		1,15±0,04		5,85±0,04		7,01±0,07		5,1±0,1	
II	0,24±0,01	2,4	1,53±0,02	8,8*	5,34±0,02	-12,4*	6,86±0,01	-2,0	3,5±0,1	-10,0*
III	0,34±0,02	5,6*	1,48±0,01	8,9*	5,58±0,01	-6,9*	7,05±0,02	0,6	3,8±0	-8,7*
IV	0,30±0,01	4,1*	1,08±0,01	-2,1	5,14±0,04	-13,5*	6,21±0,03	-10,3*	4,8±0,1	-1,8
V	0,20±0,01	-2,2	1,38±0,01	6,0*	3,94±0,15	-12,2*	5,31±0,16	-9,6*	2,9±0,1	-12,9*
VI	0,19±0,01	-2,5	1,44±0,02	6,7*	4,50±0,02	-32,7*	5,93±0,04	-12,9*	3,1±0	-13,0*
VII	0,21±0,01	-1,2	1,15±0,01	0	4,54±0,04	-23,8*	5,69±0,04	-16,2*	3,9±0,1	-7,1*
VIII	0,26±0,01	4,9*	1,24±0,05	1,4	4,89±0,12	-7,4*	6,13±0,07	-8,5*	3,9±0,3	-3,8*
IX	0,30±0,01	5,3*	1,79±0,01	17,2*	5,42±0,03	-9,2*	7,21±0,03	2,6	3,1±0	-13,4*
X	0,31±0,01	6,5*	1,52±0,02	8,7*	5,04±0,02	-19,7*	6,56±0,04	-5,3*	3,3±0,1	-11,3*

общий уровень сахаристости корнеплодов превысил контрольный на 19% и оказался вполне соизмеримым с таковым в наиболее успешном X варианте опыта.

Менее результативным в этом плане было внесение обоих видов комплексных удобрений. Так, на фоне применения их модификации 16-12-20 с В и S увеличение общей сахаристости корнеплодов свеклы на 12,6 и 15,8% наблюдалось лишь в вариантах опыта с использованием ее средней и высокой доз, за счет активизации накопления в них только сахарозы, – на 14,7 и 18% соответственно. Применение же малой дозы данного вида комплексного удобрения оказало позитивное влияние только на биосинтез фруктозы, что в силу ее незначительного участия в пуле растворимых сахаров не смогло обеспечить достоверного увеличения их общего содержания в корнеплодах свеклы.

Наименее эффективным в этом плане в рамках эксперимента оказалось внесение комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15, обусловившее повышение на 27,6–45,3% уровня только одной фруктозы на фоне его высокой дозы (особенно в сочетании с эпином), что, как и в предыдущем случае, не отразилось на уровне общей сахаристости корнеплодов. Что касается средней

дозы данного вида удобрения, то ее применение не только не оказало позитивного действия на биосинтез растворимых сахаров, но даже вызвало некоторое снижение их содержания в корнеплодах свеклы, впрочем, не получившее статистического подтверждения.

Как и корнеплоды моркови, корнеплоды свеклы оказались весьма богаты пектиновыми веществами, общее содержание которых, в зависимости от уровня минерального питания, в рамках эксперимента составляло 5,3–7,2% сухой массы (см. табл. 3).

В характере трансформации пектинового комплекса корнеплодов свеклы на удобренном агрофоне четко прослеживалась противоположная направленность тенденций между изменением содержания в них растворимого и нерастворимого пектинов (см. табл. 2). При этом для всех вариантов опыта, в том числе и с внесением органических удобрений, было характерно снижение относительно контроля содержания протопектина на 4,6–32,6%, сопровождавшееся увеличением в них гидропектина на 20–55,6% во всех вариантах опыта, за исключением IV, VII и VIII.

Как и в корнеплодах моркови, доминирующее положение в пектиновом комплексе корнеплодов свеклы принадлежало протопектину (см. табл. 3). В этой связи в ряде вариантов опыта (II, III, IX), в которых обогащение минерального фона не оказывало достоверного влияния на общее накопление в них пектиновых веществ, имело место лишь растворение протопектина под действием удобрений. Во всех же вариантах опыта с внесением комплексных удобрений (кроме IX), а также в X варианте с внесением смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси, происходило довольно выраженное ингибирование биосинтеза пектинов на 6,4–24,2% относительно контроля, преимущественно их нерастворимой фракции. Это находило свое отражение и в значительном снижении соотношения прото- и гидропектина на удобренном агрофоне.

Подобно корнеплодам моркови и свеклы, *капуста* оказалась весьма богата растворимыми сахарами, суммарное количество которых в ней составляло в зависимости от уровня минерального питания 13,9–17,2% сухой массы (табл. 4). Примерно половина пула растворимых сахаров была представлена фруктозой, остальная его часть приблизительно в равных долях распределялась между глюкозой и сахарозой.

Усиление минерального питания в рамках полевого эксперимента не оказало существенного влияния на общий уровень сахаристости капусты, на что указывает отсутствие статистически значимых различий с контролем по данному параметру в большинстве удобрявшихся вариантов опыта (табл. 2). Лишь на фоне малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 и высокой дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 наблюдалось достоверное увеличение на 11,8–21,5% суммарного содержания в капусте растворимых сахаров. При этом внесение минеральных удобрений не оказало влияния на накопление в ней сахарозы, лишь в единичном случае – на фоне внесения комплексного удобрения 13-7-15 в сочетании с эпином – отмечено снижение ее содержания примерно на 10%. Что касается моноз, то для них было характерно либо увеличение их содержания, более выраженное у глюкозы, нежели у фруктозы, либо отсутствие его изменений относительно контроля.

Только в единичном случае, подобно сахарозе, имело место снижение на 10,2% содержания фруктозы, но уже в продукции II варианта опыта. При этом три варианта опыта – с внесением средней дозы обоих видов комплексных минеральных удобрений и смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси, – характеризовались полным отсутствием влияния на содержание в капусте и обеих моноз, и дисахарида.

Капуста весьма богата не только растворимыми сахарами, но и пектиновыми веществами, общее содержание которых в ней в рамках эксперимента составляло 6,47–8,08% сухой массы (см. табл. 4). Доминирующее положение в комплексе пектиновых веществ принадлежало протопектину, содержание которого, в зависимости от уровня агрофона, превышало таковое растворимого пектина в 2,1–3,7 раза. При этом внесение минеральных удобрений практически не влияло на содержание в капусте протопектина. Исключением из этого правила является незначительная активизация его биосинтеза на фоне внесения смеси простых удобрений во II и малой дозы комплексного удобрения 16-12-20 в IV вариантах опыта, а также снижение его содержания

Т а б л и ц а 4. Содержание углеводов в сухой массе капусты при разном уровне минерального питания, %

Вариант опыта	Растворимые сахара									
	глюкоза		фруктоза		сахароза		сумма		глюкоза / фруктоза	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	2,62±0,19		7,57±0,12		3,94±0,08		14,13±0,30		0,35±0,02	
II	4,00±0,28	4,1*	6,80±0,21	-3,2*	3,82±0,14	-0,8	14,62±0,46	0,9	0,59±0,04	4,9*
IV	3,51±0,19	3,3*	9,90±0,38	5,9*	3,76±0,13	-1,2	17,17±0,54	4,9*	0,36±0,02	0,3
V	2,71±0,12	0,4	7,13±0,15	-2,3	4,11±0,16	1,0	13,96±0,13	-0,5	0,38±0,02	1,1
VI	3,73±0,08	5,4*	7,33±0,24	-0,9	4,02±0,13	0,6	15,09±0,29	2,3	0,51±0,02	5,0*
VII	2,93±0,15	1,3	7,57±0,23	0	4,09±0,21	0,7	14,59±0,42	0,9	0,39±0,02	1,5
VIII	2,62±0,16	0	9,03±0,23	5,6*	4,14±0,13	1,4	15,80±0,45	3,0*	0,29±0,01	-2,3
IX	4,31±0,12	7,5*	8,27±0,09	4,7*	3,55±0,10	-3,0*	16,13±0,17	5,8*	0,52±0,02	6,0*
X	2,67±0,15	0,2	7,67±0,15	0,5	3,58±0,13	-2,4	13,92±0,12	-0,6	0,35±0,03	0,1
Вариант опыта	Растворимые сахара		Пектиновые вещества							
	монозы / дисахарид		гидропектин		протопектин		сумма		протопектин / гидропектин	
	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c	$M \pm m$	t_c
I (контроль)	2,59±0,08		1,71±0,02		5,24±0,07		6,95±0,07		3,07±0,05	
II	2,83±0,07	2,2	2,30±0,01	21,7*	5,78±0,08	5,0*	8,08±0,07	11,3*	2,51±0,05	-7,5*
IV	3,57±0,16	5,5*	2,14±0,02	13,9*	5,53±0,06	3,2*	7,67±0,04	8,7*	2,59±0,05	-6,3*
V	2,40±0,12	-1,3	1,79±0,04	1,6	5,10±0,01	-2,1	6,88±0,05	-0,7	2,86±0,07	-2,4
VI	2,75±0,07	1,5	1,51±0,02	-6,2*	5,53±0,15	1,8	7,05±0,15	0,6	3,66±0,10	5,3*
VII	2,58±0,14	-0,1	2,32±0,09	6,8*	4,97±0,41	-0,6	7,29±0,48	0,7	2,14±0,11	-7,4*
VIII	2,82±0,10	1,8	2,41±0,02	23,9*	5,03±0,13	-1,4	7,44±0,14	3,1*	2,09±0,05	-13,7*
IX	3,54±0,09	8,0*	1,74±0,04	0,7	4,95±0,30	-1,0	6,69±0,34	-0,7	2,84±0,10	-2,0
X	2,89±0,10	2,3	1,92±0,05	4,0*	4,55±0,19	-3,4*	6,47±0,14	-3,0*	2,38±0,15	-4,2*

в продукции X варианта опыта, возделывавшейся с использованием простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси. В отличие от протопектина усиление минерального питания заметно активизировало накопление в капусте растворимого пектина, особенно на фоне внесения смеси простых удобрений во II варианте опыта и обоих видов комплексных удобрений. В первом случае, равно как и на фоне малой дозы комплексного удобрения 16-12-20, наблюдалась активизация биосинтеза обеих фракций пектиновых веществ, обеспечившая увеличение на 10,4 и 16,3% относительно контроля общего содержания в продукции данных соединений. Что касается комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15, то, несмотря на выраженный стимулирующий эффект от его применения в отношении гидропектина, обеспечивший увеличение его содержания в продукции на 36–41%, из-за малого долевого участия последнего в составе пектинового комплекса, увеличение общего выхода пектиновых веществ отмечено лишь на фоне внесения высокой дозы данного удобрения, причем лишь на 7%.

Заключение. Сравнительное исследование степени трансформации углеводного комплекса продукции трех овощных культур – моркови, свеклы столовой и капусты позднего срока созревания – на фоне внесения разных видов и доз минеральных и органических (под свеклу) удобрений в рамках полевого эксперимента на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показало, что усиление минерального питания оказывает преимущественно стимулирующее действие на накопление в ней углеводов, степень которого определяется индивидуальным характером ответной реакции возделываемых культур на конкретный агроприем, а также видом и дозой вносимых удобрений.

Обогащение минерального фона способствовало увеличению содержания глюкозы в корнеплодах свеклы столовой и капусты (на 28–41 и 34–65% соответственно); фруктозы – в корнеплодах свеклы столовой и капусты (на 23–78 и 9–31% соответственно); сахарозы – в корнеплодах моркови и свеклы столовой (на 17–38 и 12–18% соответственно); гидропектина – в продукции всех овощных культур (моркови – на 15–44, свеклы – на 20–56, капусты – на 12–41%), но

приводило к снижению содержания глюкозы в корнеплодах моркови на 12–34% и протопектина в корнеплодах свеклы на 4–33%, не оказывая при этом сколь-либо заметного влияния на параметры накопления фруктозы – в корнеплодах моркови, сахарозы – в капусте и протопектина – в корнеплодах моркови и капусты.

При сопоставлении количества наиболее выраженных эффектов в изменении углеводного состава исследуемых видов овощей при разном уровне минерального питания установлено, что наиболее результативным для культуры **моркови** было внесение высокой дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 в сочетании с эпином, а также смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси, тогда как наименее результативным – внесение средней дозы простых удобрений.

Для культуры **свеклы столовой**, как и моркови, наиболее эффективным в этом плане оказалось внесение высокой дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 в сочетании с эпином и смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси. При этом весьма выразительным и сходным по силе влиянием на углеводный состав ее корнеплодов характеризовалось внесение органических удобрений, а также средней дозы комплексного удобрения 16-12-20 и высокой дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15. Наименьшее же влияние на него в корнеплодах свеклы оказало внесение средней дозы смеси простых удобрений, средней дозы комплексного бесхлорного удобрения 13-7-15 и особенно малой дозы комплексного минерального удобрения 16-12-20.

Для культуры **капусты позднего срока созревания** сходное по силе и наиболее выраженное влияние на ее углеводный состав было показано на фоне внесения средней дозы простых удобрений, малой дозы комплексного минерального удобрения 16-12-20 и высокой дозы комплексного бесхлорного минерального удобрения 13-7-15 как в отдельности, так и в сочетании с эпином. При этом наименее результативным в этом плане оказалось внесение высокой дозы комплексного минерального удобрения 16-12-20 и особенно смеси простых удобрений в дозе, рекомендованной Институтом овощеводства НАН Беларуси.

Литература

1. Биологически активные вещества пищевых продуктов: Справ. / В. В. Петрушевский, А. А. Казаков, В. А. Бандюкова и др. Киев: Техніка, 1985.
2. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. М.: ВО Агрпромиздат, 1987.
3. Завдская И. Г., Горбачева Г. И., Мамушина Н. С. Количественное определение углеводов резорциновым и анилинфталатным методами с помощью бумажной хроматографии // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 17–26.
4. Лактин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980.
5. Медведев С. С. Физиология растений. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004.
6. Приступа А. А. Основные сырьевые растения и их использование. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1973.

Zh. A. RUPASOVA, A. A. AUTKO, An. A. AUTKO., N. P. VARAVINA, R. N. RUDAKOVSKAYA, G. V. PIROGOVSKAYA, O. V. POZNYAK

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE CARBON ACCUMULATION IN VEGETABLE PRODUCTS ON SOD-PODZOL LIGHT LOAMY SOILS

Summary

The results of comparative study of parameters of accumulation of main fractions of soluble sugars and pectic substances 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 in a 10-variant experiment on sod-podzol light loamy soils are presented.