

# DOKLADY

## OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Published bimonthly

The journal has been published since July, 1957

---

MINSK, BELORUSSKAYA NAUKA, 2009, Vol. 53, No 2

---

Founder – National Academy of Sciences of Belarus

Editorial Board:

**M. V. Miasnikovich** (Editor-in-Chief),  
**N. S. Kazak** (Associate Editor-in-Chief),  
**S. V. Ablameyko, I. M. Bogdevich, N. A. Borisevich, G. A. Vasilevich, F. I. Vismont, P. A. Vitiaz,**  
**I. D. Volotovskiy, I. V. Gaishun, V. G. Gusakov, S. A. Zhdanok, N. A. Izobov,**  
**A. A. Kovalenya, F. F. Komarov, E. F. Konoplya, N. P. Krutko, V. A. Labunov, F. A. Lakhvich,**  
**O. N. Levko, A. I. Lesnikovich, V. F. Loginov, M. M. Makhaniok, A. A. Makhnach,**  
**A. A. Mikhalevich, P. G. Nikitenko, Yu. M. Pleskachevsky, V. I. Semenov, A. F. Smeyanovich,**  
**V. I. Timoshpolskiy, L. M. Tomilchik, L. V. Khotyleva, A. L. Khudoley, I. P. Sheiko**

*Address of the Editorial Office:*

220072, Minsk, 1 Akademicheskaya Str., room 119  
telephone: 284-19-19

<http://nasb.gov.by/eng/publications/dan/>

E-mail: [belnauka@infonet.by](mailto:belnauka@infonet.by)

### CONTENTS

#### MATHEMATICS

<b>Alehno A. G.</b> Gilbert boundary-value problem with an infinite index of logarithmic order .....	5
<b>Bedziuk N. V., Yablonski A. L.</b> Differential equations with generalized coefficients in algebra of mnemofunctions .....	11
<b>Maksimovich A. V., Tyshkevich R. I.</b> Normal form of domishold graphs .....	16
<b>Knyazhishche L. B.</b> Lyapunov functionals with a semi-definite derivative in the uniform ultimate boundedness conditions for in delayed equations .....	19
<b>Gabasov R., Kirillova F. M., Poyasok E. I.</b> Optimal closable output feedback .....	24
<b>Orlovich Yu. L., Gordon V. S., De Werra D.</b> Hardness of approximating the independent dominating set problem in $2P_3$ -free perfect graphs .....	29
<b>Zabreiko P. P., Tanyhina A. N.</b> Hicks theorem and the LeChatelier–Samuelson principle for the open Leontiev–Ford model in ideal spaces .....	34

#### INFORMATICS

<b>Zakrevskij A. D.</b> Vector method of minimizing Boolean functions of many variables .....	41
---	----

#### PHYSICS

<b>Bogush A. A., Red'kov V. M., Krylov G. G.</b> Quantum particle in a uniform magnetic field on the background of the Lobachevsky space .....	45
<b>Novikau A. G., Ratkevich S. V., Gaiduk P. I., Komarov F. F.</b> Oxidation induced Ge segregation in SiGe alloys .....	52

*CHEMISTRY*

- Kudina E. F., Pleskachevsky Yu. M.** Effect of microwave heating on the properties of alkali-silicate solution ..... 57  
**Morgulets E. N., Prokopchuk N. R., Goncharova I. A.** Influence of pigments and water-dispersing binders on the biostability of coatings ..... 65

*BIOLOGY*

- Kashevsky B. E., Goranov A. V., Zholud A. M., Prohorov A. V.** Magnetic sorting of  $\beta$ -cells ..... 69  
**Potapovich M. I., Nikolaichik Y. A., Prokulevich V. A.** Cloning and expression of chicken interferon alpha gene in *Escherichia coli* cells ..... 72  
**Bulai P. M., Denisov A. A., Molchanov P. G., Pitlik T. N., Cherenkevich S. N.** Extracellular electric signals of neurons at the cell-surface contact ..... 76

*MEDICINE*

- Pozdnyakova A. S., Astrovko A. P.** TB epidemiological juxtaposition in children, teenagers and adults in the Republic of Belarus..... 80  
**Nosova E. S., Titov L. P.** Molecular analysis of ESBL genes of SHV type in enteropathogenic *Klebsiella spp.* Strains..... 85  
**Konoplya N. E.** New approach to the treatment of medulloblastoma in children ..... 91

*EARTH SCIENCES*

- Konischev V. S.** Structural-genetic classification of coal deposits and coal shows of Belarus..... 95  
**Bibikova E. V., Aizberg R. E., Naidenkov I. V., Gribik Ja. G.** Tectonic position of granitoides of the Surazh borehole (Orsha depression)..... 101

*TECHNICAL SCIENCES*

- Pinchuk L. S., Korotkiy M. V., Goncharova E. P., Sytsko V. E., Goldade V. A.** Bioelectrical mechanism of immobilizing microorganisms on polymer electret films..... 107  
**Khudoley A. L., Klimenko S. E., Sosnovsky I. A.** Change of the load capacity of sliding bearings by design..... 111

*AGRARIAN SCIENCES*

- Rupasova Zh. A., Pirogovskaja G. V., Autko A. A., Vasilevskaja T. I., Autko An. A., Poznyak O. V.** Effect of edaphic and meteorological factors on the yield and biochemical composition of production of vegetables under the conditions of Belarus ..... 115

**АГРАРНЫЕ НАУКИ**

УДК 635(476):581.19:631.81:551.5

Член-корреспондент Ж. А. РУПАСОВА<sup>1</sup>, Г. В. ПИРОГОВСКАЯ<sup>2</sup>, А. А. АУТКО<sup>3</sup>,  
Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ<sup>1</sup>, Ан. А. АУТКО<sup>3</sup>, О. В. ПОЗНЯК<sup>3</sup>

**ВЛИЯНИЕ ЭДАФИЧЕСКОГО И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОДУКЦИИ ОВОЩЕЙ  
В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

<sup>1</sup> Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск,

<sup>2</sup> Институт почвоведения и агрохимии, Минск,

<sup>3</sup> Институт овощеводства, г. п. Самохваловичи

Поступило 22.09.2008

**Введение.** Важнейшей задачей овощеводства республики является дальнейшее совершенствование интенсивных технологий возделывания овощных культур на основе оптимизации лимитирующих факторов, что должно обеспечить получение максимальной урожайности при высоком качестве продукции. Возделывание высокотребовательных к условиям минерального питания овощей – моркови, свеклы столовой и капусты поздней на дерново-подзолистых почвах, распространенных на территории Беларуси, ставит в число первоочередных задач оптимизацию режима минерального питания на основе внесения удобрений. Вместе с тем общеизвестно, что последнее является не только мощным фактором управления биологической продуктивностью растений, но и оказывает существенное влияние на накопление в их продукции полезных веществ. В связи с этим несомненный научный и практический интерес представляет исследование особенностей трансформации биохимического состава овощной продукции на фоне внесения органических, а также разных доз традиционных и разработанных РУП «Институт почвоведения и агрохимии» новых видов минеральных удобрений с добавками микроэлементов и рострегулирующих препаратов.

Цель данной работы – установить оптимальные регламенты внесения удобрений под овощные культуры – морковь, свеклу столовую и капусту позднюю в условиях Беларуси, обеспечивающие получение высококачественной продукции. В 2005–2007 гг. были проведены сравнительные исследования биохимического состава последней в рамках однотипных полевых экспериментов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на опытном поле РУП «Институт овощеводства» в г. п. Самохваловичи Минской обл.

**Условия и методы исследований.** Однотипность характера полевых экспериментов с исследуемыми овощными культурами определялась сходством схемы и набора вносимых комплексных удобрений с микроэлементами.

В качестве новых форм удобрений испытывали:

**на культуре моркови:**

комплексные хлорсодержащие, марки NPK=16:12:20 с S, B, Cu (2005 г.) и 13:12:19 с S, B, Cu (2006–2007 гг.);

комплексные бесхлорные, марка NPK=13:7:15 с Mg, S; B, Cu;

комплексные бесхлорные, марка NPK=13:7:15 с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений «эпин»;

**на культуре свеклы столовой:**

комплексные хлорсодержащие, марки NPK=16:12:20 (2005 г.) и 13:12:19 с S, Na<sub>2</sub>O, B, Mn, Fe (2006–2007 гг.);

комплексные бесхлорные, марка NPK=13:7:17 с Mg, S, B, Mn, Fe;

комплексные бесхлорные, марка NPK=13:7:17 с Mg, S, B, Mn, Fe и регулятором роста растений «эпин»;

**на культуре капусты поздней:**

комплексные хлорсодержащие, марки NPK = 16:12:20 (2005 г.) и 13:12:19 с S, B, Zn, Mo, Fe (2006–2007 гг.);

комплексные бесхлорные, марка NPK=13:7:19 с Mg, S, B, Zn, Mo, Co, Fe и регулятором роста растений «эпин».

Схемы опытов включали следующие варианты:

**1** (*контроль*) – без удобрений;

**2** – смесь стандартных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) – базовый вариант для хлорсодержащих удобрений (средняя доза за три года, 2005–2007 гг.): под морковь –  $N_{70}P_{61}K_{97}$ ; под свеклу –  $N_{90}P_{78}K_{125}$ ; под капусту –  $N_{100}P_{85}K_{137}$ ;

**3** – *малая доза* комплексного хлорсодержащего удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{40}P_{35}K_{55}$ ; под свеклу –  $N_{60}P_{52}K_{84}$ ; под капусту –  $N_{70}P_{59}K_{96}$ ;

**4** – *средняя доза* комплексного хлорсодержащего удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{70}P_{61}K_{97}$ ; под свеклу –  $N_{90}P_{78}K_{125}$ ; под капусту –  $N_{100}P_{85}K_{137}$ ;

**5** – *высокая доза* комплексного хлорсодержащего удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{90}P_{78}K_{125}$ ; под свеклу –  $N_{120}P_{103}K_{167}$ ; под капусту –  $N_{130}P_{110}K_{175}$ ;

**6** – смесь стандартных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат, сульфат калия) – базовый вариант для бесхлорных удобрений: под морковь –  $N_{70}P_{38}K_{81}$ ; под свеклу –  $N_{90}P_{49}K_{113}$ ; под капусту –  $N_{100}P_{54}K_{125}$ ;

**7** – *малая доза* комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{40}P_{22}K_{46}$ ; под свеклу –  $N_{60}P_{32}K_{79}$ ; под капусту –  $N_{60}P_{32}K_{79}$ ; органические удобрения 40 т/га – только под свеклу и капусту;

**8** – *средняя доза* комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{70}P_{38}K_{81}$ ; под свеклу –  $N_{90}P_{49}K_{113}$ ; под капусту –  $N_{100}P_{54}K_{125}$ ;

**9** – *высокая доза* комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами: под морковь –  $N_{90}P_{48}K_{104}$ ; под свеклу –  $N_{120}P_{65}K_{151}$ ; под капусту –  $N_{130}P_{70}K_{162}$ ;

**10** – *средняя доза* комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами и регулятором роста растений «эпин»: под морковь –  $N_{70}P_{38}K_{81}$ ; под свеклу –  $N_{90}P_{49}K_{113}$ ; под капусту –  $N_{100}P_{54}K_{125}$ .

Площадь опытной делянки в полевых опытах с культурами моркови и свеклы столовой составляла 19,6 (7,0×2,8) м<sup>2</sup>, капусты поздней – 33,6 (4,2×8,0) м<sup>2</sup>. Повторность каждого варианта опыта – 4-кратная. Удобрения вносили разово, в основную заправку почвы. В качестве стандартных удобрений использовали следующие их виды: карбамид с содержанием N – 46% д. в., аммонизированный суперфосфат с содержанием N – 8% д. в., P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 30% д. в., гранулированный KCl с содержанием K<sub>2</sub>O – 60% д. в. В качестве объектов исследований были привлечены корнеплоды моркови столовой сорта «Лявониха» и свеклы столовой сорта «Прыгажуня», а также продукция капусты поздней сорта «Мара».

В усредненных пробах зрелой продукции исследуемых овощных культур повариантно определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 8756.2–82 [1]; титруемых кислот (общей кислотности) в расчете на яблочную кислоту – объемным методом [2].

В высушенных при температуре 65 °С усредненных пробах овощной продукции повариантно определяли содержание химических элементов: азота, фосфора, калия по методу К. П. Фоменко и Н. Н. Нестерова [3], кальция и магния – объемным методом [2]; глюкозы, фруктозы, сахарозы – резорциновым и анилинфталатным методами бумажной хроматографии по И. Г. Завадской и др. [4], пектиновых веществ – карбазольным методом [2]; суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [5] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [6]; антоцианов – по методу Л. О. Шнайдемана и В. С. Афанасьевой [7]; суммы флавонолов – по методу Л. Сарапуу и Х. Мийдла [8], модифицированному Д. К. Шапиро с соавт. [9]; суммы катехинов – фотометрическим методом с использованием ванилинового реактива [10]; фенолкарбоновых кислот (в пересчете на хлорогеновую) – по методу В. В. Мжаванадзе и др. [11].

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

Погодные условия в период вегетации растений в годы исследований отличались выраженными контрастами (табл. 1). При этом, несмотря на неравномерный характер выпадения осадков, по их общему количеству, равно как и по температурному режиму, наиболее близким к среднемуголетней норме являлся вегетационный период 2005 г. Для аналогичного периода 2006 г. был отмечен повышенный температурный фон и наибольшее за время наблюдений количество осадков. Экстремально жарким и засушливым, с количеством осадков на 27% уступавшим многолетним значениям, был вегетационный сезон 2007 г.

Т а б л и ц а 1. Метеорологические условия вегетационных периодов 2005–2007 гг. (по данным Агрометеостанции Минского р-на Минской обл.)

Год	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2005	10,9	106	15,5	36	19,6	42	17,0	170	14,4	16
2006	12,4	75	16,8	73	19,9	78	18,5	209	14,0	39
2007	14,4	73	18,4	46	17,8	109	19,7	23	13,3	22
Ср. мнгл.	12,3	61	16,1	80	17,6	90	16,3	82	11,7	59

П р и м е ч а н и е. 1 – средняя месячная температура воздуха, °С; 2 – количество осадков, мм.

**Результаты и их обсуждение.** По нашим данным, приведенным в табл. 2, при использовании разных доз комплексных (NPK с S, B, Cu) хлорсодержащих удобрений при возделывании моркови урожайность корнеплодов в период исследований в рамках эксперимента изменялась в пределах от 456 до 500 ц/га (среднее за три года), при урожайности в базовом варианте (2) – 443 ц/га. Оптимальной дозой комплексных хлорсодержащих удобрений оказалась  $N_{70}P_{61}K_{97}$  с прибавкой массы корнеплодов 57 ц/га. Увеличение дозы комплексного удобрения обусловливало достоверное снижение урожайности корнеплодов моркови. Эффективность комплексных бесхлорных удобрений марки 13:7:15 с Mg, S, B, Cu была примерно адекватной действию комплексных хлорсодержащих удобрений. Максимальная же урожайность в среднем за три года (502 ц/га) получена при внесении комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами и регулятором роста растений «эпин».

**Внесение комплексных хлорсодержащих удобрений** марки 16:12:20 с B,  $Na_2O$ , Mn, S (2005 г.) и 13:12:19 с B,  $Na_2O$ , Mn, S (2006–2007 гг.) под свеклу столовую способствовало получению урожайности корнеплодов в пределах от 443 до 490 ц/га (в среднем за три года), при урожайности в базовом варианте (2) – 438 ц/га. Лучшей дозой комплексных хлорсодержащих удобрений была  $N_{90}P_{78}K_{125}$ , обеспечившая прибавку массы корнеплодов 45 ц/га. Повышение доз комплексного удобрения не оказывало достоверного влияния на урожайность корнеплодов.

Применение комплексных бесхлорных удобрений марки 13:7:17 с Mg, S, B, Mn, Fe обеспечило получение максимальной урожайности (490–501 ц/га) при дозе внесения  $N_{90}P_{49}K_{113}$ . Использование комплексного удобрения с микроэлементами и регулятором роста растений «эпин» способствовало увеличению урожайности корнеплодов (на 11 ц/га), по сравнению с вариантом без регулятора роста растений.

Применение комплексных хлорсодержащих удобрений марки 16:12:20 (2005 г.) и марки 13:12:19 с S, B, Zn, Mo, Fe (2006–2007 гг.) под капусту позднюю сорта «Мара» обеспечило урожайность в пределах от 838 до 899 ц/га, при урожайности в базовом варианте (2) – 799 ц/га. Оптимальной дозой данных удобрений была  $N_{100}P_{85}K_{137}$ . При использовании комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами максимальная урожайность капусты (860 ц/га) получена при дозе их внесения  $N_{100}P_{54}K_{125}$ .

Содержание полезных веществ в сухой массе овощной продукции в годы исследований изменялось в весьма широких диапазонах значений, что свидетельствовало о выраженной зависимости ее биохимического состава от абиотических факторов. Усиление минерального питания оказывало существенное влияние на качественные показатели продукции овощей, при этом степень данного влияния определялась гидротермическим режимом сезона, индивидуальным характером ответной реакции возделываемых культур на данный агроприем, а также видом и дозой вносимых удобрений (табл. 3).

Т а б л и ц а 2. Эффективность новых форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ при возделывании овощных культур, 2005–2007 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га												
	Морковь			Свекла столовая			Капуста поздняя						
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	среднее
<i>Общая</i>													
1. Контроль, без удобрений	256	440	374	357	235	387	302	308	686	684	648	673	
2. N <sub>70</sub> P <sub>61</sub> K <sub>97</sub> (смесь удобрений – карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) – базовый вариант	452	453	425	443	473	491	350	438	827	851	719	799	
<i>Комплексное азотно-фосфорно-калийное хлорсодержащее удобрение с микроэлементами S, B, Si</i>													
3. N <sub>40</sub> P <sub>35</sub> K <sub>55</sub>	450	489	465	468	404	541	383	443	861	909	788	853	
4. N <sub>70</sub> P <sub>61</sub> K <sub>97</sub>	512	521	467	500	429	589	430	483	845	986	866	899	
5. N <sub>90</sub> P <sub>78</sub> K <sub>125</sub>	487	452	428	456	484	533	453	490	835	868	810	838	
<i>Комплексное азотно-фосфорно-калийное бесхлорное удобрение с микроэлементами Mg, S, B, Si</i>													
6. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>81</sub> (смесь удобрений – карбамид, аммонизированный суперфосфат, сульфат калия) – базовый вариант	–	487	449	468*	–	461	406	433*	–	853	731	792*	
7. N <sub>40</sub> P <sub>22</sub> K <sub>46</sub>	–	495	468	481*	–	475	393	434*	–	886	699	792*	
8. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>81</sub>	476	493	497	489	483	557	431	490	810	985	786	860	
9. N <sub>90</sub> P <sub>48</sub> K <sub>104</sub>	449	490	483	474	450	580	415	482	802	852	853	835	
10. N <sub>70</sub> P <sub>38</sub> K <sub>81</sub> и регулятор роста растений «эпин» НСР <sub>05</sub>	496	489	522	502	537	541	426	501	822	920	791	844	
	64,6	46,5	29,0	46,7								–	

Пр и м е ч е н и е. Приведены средние дозы удобрений за три года под морковь; под столовую свеклу – дозы хлорсодержащих удобрений – N<sub>60</sub>P<sub>52</sub>K<sub>84</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>78</sub>K<sub>125</sub>; N<sub>120</sub>P<sub>103</sub>K<sub>167</sub>, бесхлорных – N<sub>60</sub>P<sub>32</sub>K<sub>79</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>49</sub>K<sub>113</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>65</sub>K<sub>151</sub>; под капусту – хлорсодержащих – N<sub>70</sub>P<sub>59</sub>K<sub>96</sub>, N<sub>100</sub>P<sub>85</sub>K<sub>137</sub>, N<sub>130</sub>P<sub>111</sub>K<sub>179</sub>, бесхлорных – N<sub>60</sub>P<sub>32</sub>K<sub>79</sub>, N<sub>100</sub>P<sub>54</sub>K<sub>125</sub> и N<sub>130</sub>P<sub>70</sub>K<sub>162</sub>; \* – среднее за два года.

Т а б л и ц а 3. Диапазоны изменения содержания полезных веществ в сухой массе продукции овощных культур в зависимости от гидротермического режима сезона и уровня минерального питания в годы исследований

Показатель	Морковь	Свекла столовая	Капуста поздняя
Свободные органические кислоты, %	1,1–3,4	0,8–1,9	1,4–4,1
Витамин С, мг%	73,0–185,8	231,8–549,9	510,4–987,5
Растворимые сахара, %	12,3–21,2	12,4–16,7	13,9–20,9
Пектиновые вещества, %	4,1–7,9	5,3–7,9	5,7–8,1
Биофлавоноиды (Р-витамины), мг%	595–1266	1152–2408	340–1413
Фенолкарбоновые кислоты, мг%	155–581	нет	255–548
Азот, %	1,28–2,68	1,38–2,38	2,22–3,82
Фосфор, %	0,41–0,56	0,30–0,51	0,35–0,55
Калий, %	3,01–5,59	1,50–3,77	2,89–4,35
Кальций, %	0,60–1,02	0,26–0,56	0,56–1,00
Магний, %	0,17–0,34	0,12–0,28	0,16–0,42

*В условиях сезона 2005 г., близкого по гидротермическому режиму к многолетней норме,* обогащение минерального фона заметно *усиливало*, по сравнению с неудобренным агрофоном, 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 (на 16–81 и 14–35% соответственно); глюкозы в корнеплодах свеклы столовой и капусте (на 28–41 и 34–65% соответственно); фруктозы в корнеплодах свеклы столовой и капусте (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%); катехинов в корнеплодах свеклы на 13–50%; азота в корнеплодах моркови на 20–58%; фосфора в продукции всех овощных культур (моркови – на 12–32%, свеклы – на 17–46, капусты – на 7–28%); кальция в корнеплодах свеклы на 21–70%. Вместе с тем на фоне внесения удобрений происходило *выраженное снижение* в овощной продукции содержания следующих веществ: свободных органических кислот в корнеплодах моркови и свеклы столовой (на 17–39 и 14–29% соответственно); витамина С в корнеплодах моркови на 15–48%; глюкозы в корнеплодах моркови на 12–34%; протопектина в корнеплодах свеклы на 4–33%; биофлавоноидов в продукции всех овощных культур (в том числе катехинов в корнеплодах моркови и капусте на 9–17 и 6–40% соответственно); флавонолов в корнеплодах свеклы столовой на 16–48%; фенолкарбоновых кислот в корнеплодах моркови на 13–71% и в капусте на 7–15%; азота в капусте на 5–20% и в корнеплодах свеклы столовой на 8–15%; калия в корнеплодах свеклы столовой на 9–36% и в капусте на 6–23%, а также соединений магния в продукции всех овощных культур (моркови – на 20–44%; свеклы столовой – на 11–52; капусты – на 16–43%). При этом усиление минерального питания исследуемых овощных культур в рамках полевого эксперимента *не оказало сколь-либо заметного влияния* на параметры накопления фруктозы в корнеплодах моркови; сахарозы – в капусте; протопектина, флавонолов, соединений калия, кальция и магния – в корнеплодах моркови и капусте.

*В условиях относительно жаркого и избыточно влажного сезона 2006 г.* обогащение минерального фона в рамках полевого эксперимента обеспечивало *преимущественное усиление накопления* в продукции овощей, в зависимости от их вида, а также марки и дозы вносимых удобрений, свободных органических кислот на 10–53%, наиболее выраженное в корнеплодах моркови и наименее – в капусте; витамина С на 10–73% (наиболее выраженное в корнеплодах моркови и наименее – в корнеплодах свеклы); растворимых сахаров на 6–29% – главным образом в корнеплодах свеклы и капусте, в том числе глюкозы на 26–62% – в основном в корнеплодах свеклы; фруктозы на 10–65% – преимущественно в капусте и особенно в корнеплодах моркови; пектиновых веществ на 12–31%, исключительно в корнеплодах моркови и отчасти свеклы, в том числе гидропектина на 5–38%, преимущественно в корнеплодах свеклы, и протопектина на 12–50% – главным образом в корнеплодах моркови; катехинов на 7–84% – преимущественно в корнеплодах свеклы и отчасти моркови; азота на 8–94% – в наибольшей степени в корнеплодах

моркови и в наименьшей – в капусте; фосфора на 10–40% – в основном в корнеплодах моркови и капусте и отчасти в корнеплодах свеклы; калия на 6–86% – главным образом в корнеплодах моркови и в меньшей степени в корнеплодах свеклы и капусте; общего количества питательных химических элементов на 3–70% – в основном в корнеплодах моркови и в меньшей степени свеклы. Вместе с тем на фоне внесения удобрений в исследуемой овощной продукции происходило статистически выраженное **снижение** содержания сухих веществ на 4–22% – главным образом в корнеплодах моркови и капусте, сахарозы на 8–27% – исключительно в корнеплодах моркови и капусте при преимущественном отсутствии различий с контролем в ее содержании в корнеплодах свеклы; пектиновых веществ на 5–17% – в основном в капусте и отчасти в корнеплодах свеклы, в том числе гидропектина на 16–34% в корнеплодах моркови и капусте; протопектина на 15–19% – в основном в капусте и отчасти в корнеплодах свеклы; биофлавоноидов на 8–38% в продукции всех овощей, в том числе лейкоантоцианов на 19–58% – в основном в корнеплодах моркови; флавонолов на 15–51% – главным образом в корнеплодах свеклы и в капусте; катехинов на 22–51% – исключительно в капусте; фенолкарбоновых кислот на 7–50% в корнеплодах моркови и в капусте; кальция на 15–35% – в основном в капусте и отчасти в корнеплодах свеклы. При этом внесение удобрений **не оказало заметного влияния** на параметры накопления глюкозы в продукции капусты; сахарозы – в корнеплодах свеклы; магния – в корнеплодах свеклы и в меньшей степени в корнеплодах моркови и в капусте.

**В условиях экстремально жаркого и засушливого сезона 2007 г.** обогащение минерального фона в рамках полевого эксперимента обусловило **преимущественное усиление накопления**, в зависимости от марки и дозы вносимых удобрений, сухих веществ на 7–32% в корнеплодах моркови; свободных органических кислот на 8–40% в продукции капусты и отчасти в корнеплодах моркови и свеклы; витамина С на 7–45% в продукции всех овощных культур; фруктозы и сахарозы на 3–79% в продукции моркови и капусты; всех фракций растворимых сахаров на 5–70% в корнеплодах свеклы столовой. Вместе с тем на фоне внесения удобрений происходило **преимущественное обеднение** продукции капусты и отчасти корнеплодов свеклы сухими веществами на 3–17%, а также продукции моркови и капусты глюкозой – на 5–19%.

В 3-летнем цикле наблюдений, независимо от характера погодных условий вегетационного периода, в спектре исследуемых показателей обозначились две группы веществ, обладающих противоположным характером изменений параметров накопления в овощной продукции на удобренном агрофоне относительно контроля. Доминированием позитивных сдвигов характеризовались параметры накопления в ней свободных органических кислот, витамина С, глюкозы, фруктозы, гидро- и протопектина, соединений азота, фосфора и калия, и напротив, преобладанием отрицательных тенденций в характере различий с контролем отличались параметры накопления в продукции овощей сухих веществ, соединений кальция, сахарозы, лейкоантоцианов, катехинов, флавонолов и биофлавоноидов в целом, а также фенолкарбоновых кислот.

К числу наиболее существенных потерь в этом плане следует отнести заметное обеднение продукции исследуемых овощей ценными компонентами биохимического состава – Р-витаминами, а капусты и корнеплодов моркови – также фенолкарбоновыми кислотами. Наряду с этим важнейшим негативным аспектом ответной реакции данных овощных культур на усиление минерального питания, проявившимся в основном на фоне внесения комплексных бесхлорных удобрений, на наш взгляд, является существенное ухудшение вкусовых свойств их продукции, что подтверждается достоверным снижением значений ее сахаро-кислотного индекса относительно контроля. Вместе с тем количество установленных достоверных сдвигов в содержании полезных веществ в исследуемой продукции и даже их направленность в значительной мере определялась видом и дозой вносимых удобрений. Наглядное представление об этом можно составить по данным табл. 4.

Анализ данной информации выявил наличие межвидовых различий в характере сдвигов в биохимическом составе овощной продукции на удобренном агрофоне относительно контроля, указывающих на изменение ее питательной и витаминной ценности. Так, наибольшее за 3-летний период наблюдений общее количество позитивных сдвигов в качестве продукции капусты и столовых корнеплодов, особенно свеклы, установлено на фоне внесения смеси стандартных хлорсодержащих удобрений (2 вариант). Сопоставимое с ним общее количество позитивных сдвигов в биохимическом составе корнеплодов моркови установлено также на фоне средней дозы комп-



лексных бесхлорных удобрений с регулятором роста «эпин» (10 вариант). Наряду с этим весьма значительное количество позитивных изменений в качестве продукции свеклы столовой установлено на фоне внесения малой и высокой доз комплексных хлорсодержащих удобрений (3 и 5 варианты), тогда как у капусты – на фоне высокой дозы комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами и их средней дозы в сочетании с «эпином» (варианты 9 и 10). При этом наибольшее в эксперименте суммарное за 3 года количество отрицательных сдвигов в биохимическом составе продукции, свидетельствующее о снижении ее качества, установлено: для моркови – на фоне высокой дозы комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами (5 вариант), свеклы столовой – на фоне малой дозы комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами, а также смеси стандартных удобрений (варианты 3 и 2), капусты – на фоне внесения малой дозы комплексных хлорсодержащих удобрений (вариант 3).

Т а б л и ц а 4. Суммарные за 2005–2007 гг. значения количеств, относительных размеров и соотношений разноориентированных сдвигов в биохимическом составе овощной продукции удобрившихся вариантов полевого опыта по сравнению с контролем

Номер варианта опыта	Количество сдвигов, шт			Относительный размер сдвигов, %		
	Положительные	Отрицательные	Положит./отрицат.	Положительные	Отрицательные	Положит./отрицат.
<i>Продукция моркови</i>						
2	22	12	1,8	672,3	276,3	2,4
3	17	13	1,3	483,8	327,9	1,5
4	21	15	1,4	591,0	315,0	1,9
5	19	15	1,3	621,1	302,3	2,1
6	20	16	1,2	605,6	461,4	1,3
7 <sup>к</sup>	14	8	1,8	355,8	210,3	1,7
8	19	15	1,3	602,7	321,0	1,9
9	22	14	1,6	541,0	384,8	1,4
10	21	15	1,4	622,9	455,6	1,4
<i>Продукция свеклы столовой</i>						
2	28	6	4,7	750,2	127,1	5,9
3	23	14	1,6	474,9	313,6	1,5
4	19	16	1,2	419,2	380,1	1,1
5	20	11	1,8	418,8	272,4	1,5
6	23	14	1,6	676,3	262,7	2,6
7 <sup>к</sup>	13	5	2,6	274,4	116,0	2,4
8	16	9	1,8	577,6	155,2	3,7
9	20	11	1,8	542,0	313,3	1,7
10	19	16	1,2	510,6	364,2	1,4
<i>Продукция капусты поздней</i>						
2	21	13	1,6	446,6	128,5	3,5
3	18	18	1,0	467,1	269,3	1,7
4	13	17	0,8	258,0	210,5	1,2
5	17	8	2,1	300,1	86,8	3,5
6	11	17	0,6	236,6	249,7	0,9
7 <sup>к</sup>	10	11	0,9	244,1	87,3	2,8
8	20	11	1,8	431,0	83,9	5,1
9	20	17	1,2	404,3	257,2	1,6
10	19	15	1,3	354,9	234,1	1,5

П р и м е ч а н и е. <sup>к</sup> Данные за 2006 и 2007 гг.

Определенное представление о преимуществах того или иного агрофона, обеспечившего наибольшее превышение количества позитивных сдвигов в биохимическом составе продукции относительно негативных, дает соотношение данных характеристик (см. табл. 4). Оказалось, что кратный размер данного соотношения в продукции моркови в рамках эксперимента варьировался

в диапазоне значений от 1,3 до 1,8; свеклы столовой – от 1,2 до 4,7; капусты поздней – от 0,6 до 2,1. Сравнение приведенных диапазонов значений дает основание для суждения о наиболее высокой позитивной ответной реакции свеклы столовой в ряду исследуемых овощных культур на внесение удобрений. Ориентируясь на данный критерий оценки качества продукции, нетрудно убедиться в том, что наибольший уровень питательной и витаминной ценности продукции обоих видов столовых корнеплодов установлен на фоне внесения смеси стандартных хлорсодержащих удобрений (2 вариант), а также малой дозы комплексного бесхлорного удобрения (вариант 7), тогда как для продукции капусты поздней наиболее успешным в этом плане следует признать внесение высокой дозы комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами (5 вариант) и средней дозы комплексных бесхлорных удобрений (8 вариант).

Вместе с тем из-за выявленной несоизмеримости по годам относительных размеров межвариантных различий в содержании полезных веществ, на фоне изменения в ряде случаев их направленности, для определения в рамках эксперимента наиболее эффективного агрофона, обеспечившего наибольший выход полезных веществ в овощной продукции, представляется более убедительным использование соотношения не количеств, а суммарных за 3 года величин относительных различий с контролем позитивных и негативных сдвигов в ее биохимическом составе.

Если же ориентироваться на соотношение относительных размеров позитивных и негативных сдвигов в биохимическом составе продукции овощей по сравнению с контролем, то наиболее высокими его значениями, свидетельствующими о наибольшей результативности того или иного агроприема в плане улучшения качества продукции, характеризовались: для культуры *моркови* – варианты опыта с внесением средней дозы ( $N_{70}P_{61}K_{97}$ ) смеси стандартных хлорсодержащих, а также высокой дозы ( $N_{100}P_{61}K_{97}$ ) комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами. Незначительно и в равной степени уступающим им по эффективности явилось также внесение средней дозы ( $N_{70}P_{61}K_{97}$ ) хлорсодержащих с микроэлементами и средней дозы ( $N_{70}P_{38}K_{81}$ ) бесхлорных комплексных удобрений. Наиболее результативным в плане улучшения качества продукции *свеклы столовой* оказалось внесение средней дозы ( $N_{90}P_{78}K_{125}$ ) смеси стандартных хлорсодержащих и в меньшей степени – средней дозы ( $N_{90}P_{49}K_{113}$ ) комплексных бесхлорных удобрений. Наиболее эффективным для повышения качества продукции *капусты поздней* явилось внесение средней дозы ( $N_{100}P_{54}K_{125}$ ) комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами и в меньшей, но равной степени – средней дозы ( $N_{100}P_{85}K_{137}$ ) смеси стандартных хлорсодержащих, а также высокой дозы ( $N_{130}P_{111}K_{179}$ ) комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами.

**Закключение.** В результате сравнительного исследования параметров продуктивности и степени трансформации биохимического состава продукции моркови, свеклы столовой и капусты поздней на фоне внесения смесей стандартных, а также разных видов и доз разработанных РУП «Институт почвоведения и агрохимии» новых форм комплексных хлорсодержащих и бесхлорных минеральных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных соединений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в трехлетнем цикле наблюдений в условиях Беларуси, установлена выраженная зависимость урожайности и качества овощной продукции от гидротермического режима вегетационного сезона и уровня минерального питания.

Обозначены две группы соединений, обладающих, независимо от гидротермических условий сезона, противоположным характером изменений параметров накопления в овощной продукции на удобренном агрофоне относительно контроля. Доминирование позитивных сдвигов характерно для содержания свободных органических кислот, витамина С, глюкозы, фруктозы, гидро- и протопектина, соединений азота, фосфора и калия, и напротив, преобладание отрицательных тенденций в накоплении свойственно соединениям кальция, сахарозе, фенолкарбоновым кислотам, лейкоантоцианам, катехинам, флавонолам и биофлавоноидам в целом.

Показано, что наиболее выраженной в ряду исследуемых овощных культур позитивной ответной реакцией на усиление минерального питания характеризуется свекла столовая. Предложено для выявления наиболее эффективного в плане улучшения качества овощной продукции агрофона в качестве оценочного критерия использовать соотношение относительных размеров суммарных за период исследований значений позитивных и негативных сдвигов в ее биохимическом составе.

Установлено, что при возделывании овощных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах высокого уровня плодородия наибольшие показатели урожайности с хорошим качеством продукции для культуры моркови достигаются при внесении средней дозы ( $N_{70}P_{61}K_{97}$ ) смеси стандартных туков, средней и высокой дозы ( $N_{70-90}P_{61-78}K_{97-125}$ ) комплексных хлорсодержащих удобрений с микроэлементами и средней дозы комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами ( $N_{70}P_{38}K_{81}$ ); для культуры свеклы столовой внесение средней дозы ( $N_{90}P_{49}K_{113}$ ) смеси стандартных туков и комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами ( $N_{90}P_{49}K_{113}$ ); для культуры капусты поздней – средней дозы ( $N_{100}P_{54}K_{125}$ ) комплексных бесхлорных удобрений с микроэлементами, высокой ( $N_{130}P_{111}K_{179}$ ) и средней дозы ( $N_{100}P_{54}K_{125}$ ) как комплексных хлорсодержащих с микроэлементами, так и смеси стандартных туков.

### Литература

1. ГОСТ 8756.2-82. Методы определения сухих веществ. М., 1982.
2. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. М., 1987.
3. Фоменко К. П., Нестеров Н. Н. // Химия в сельском хозяйстве. 1971. № 10. С. 72–74.
4. Завадская И. Г., Горбачева Г. И., Мамушина Н. С. // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.; Л., 1962. С. 17–26.
5. Swain T., Hillis W. // J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10, N 1. P. 63–68.
6. Скорикова Ю. Г., Шафтан Э. А. // Тр. 3-го Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968. С. 451–461.
7. Шнайрман Л. О., Афанасьева В. С. // 9-й Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии: Реф. докл. и сообщ. М., 1965. № 8. С. 79–80.
8. Сарапуу Л. П., Кефели В. И. // Фенол. соед. и их биол. функции. М., 1968. С. 129–138.
9. Шапиро Д. К., Дашкевич Л. Э., Довнар Т. В. // Интродукция растений и зеленое строительство. Минск, 1974. С. 209–213.
10. Запрометов М. Н. Биохимия катехинов. М., 1964.
11. Мжаванадзе В. В., Таргамадзе И. Л., Драник Л. И. // Сообщ. АН Груз ССР. 1971. Т. 63, вып. 1. С. 205–210.

*RUPASOVA Zh. A., PIROGOVSKAJA G. V., AUTKO A. A.,  
VASILEVSKAJA T. I., AUTKO An. A., POZNYAK O. V.*

rupasova@basnet.by

### **EFFECT OF EDAPHIC AND METEOROLOGICAL FACTORS ON THE YIELD AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF PRODUCTION OF VEGETABLES UNDER CONDITIONS OF BELARUS**

### **Summary**

The article presents the results of a comparative research on the degree of transformation of the biochemical composition of carrot, table beet and cabbage production against the background of application of unilateral mixtures and different types and doses of conventional fertilizers and new complex chlorine-containing and non-chlorine mineral fertilizers developed by RUE 'Institute of Edaphology and Agrochemistry' which were supplemented with chemical agents and biologically active compounds. The research was conducted in a triennial cycle of observations within the frames of similar field experiments, using a 10-alternative pattern, on sod-podzol sandy loam soil under the conditions of Belarus. The types of fertilizers and the schedules for their application capable of ensuring the maximum yield of useful matters to vegetable production have been established.