

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 635.112:631.816.1:631.879.4
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-1-37-44>

Поступила в редакцию 01.02.2023
Received 01.02.2023

А. М. Захаров, А. П. Мишанов, Е. А. Мурзаев, А. Е. Маркова

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ,
Санкт-Петербург, Тярлево, Российская Федерация*

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ КОМПоста В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния различных доз компоста «БИАГУМ», полученного из ферментированного птичьего помета, на урожайность свеклы столовой сорта Двусемянная ТСХА. Опыт проводили в рамках выращивания разных культур в шестипольном биологизированном севообороте на дерново-подзолистой почве на карбонатном суглинке. Выращивание растений осуществляли без использования защитных препаратов. Для борьбы с сорной растительностью применяли механическую и ручную прополки. На опытные делянки в 2021 г. был внесен компост «БИАГУМ» в количестве $4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ ($N = 80 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$) под картофель (предшественник). Средняя биологическая урожайность корнеплодов свеклы столовой в 2022 г. в контрольном варианте без внесения компоста (вариант 1) составила $24,94 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$; в варианте с дозой внесения компоста $4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ ($N = 80 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$) (вариант 2) – $29,40 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$; в варианте с дозой внесения компоста $8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ ($N = 160 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$) (вариант 3) – $31,28 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Установлено, что внесение компоста (варианты 2 и 3) позволило увеличить среднюю урожайность на 17,88 и 25,41 % по сравнению с вариантом 1 соответственно. Между вариантом 1 и вариантами 2 и 3 выявлены статистически значимые различия ($\text{НСР}_{05} = 2,42 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$). При использовании компоста в вариантах 2 и 3 увеличилась средняя масса корнеплодов свеклы столовой на 30,7 и 33,0 % по сравнению с вариантом 1 (контроль) соответственно, при этом доля нестандартных корнеплодов в общем урожае для этих вариантов тоже увеличилась. Для всех вариантов опыта содержание нитратов в корнеплодах не превысило допустимого значения – 1400 мг/кг. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии внесения компоста «БИАГУМ» в указанных дозах на урожайность свеклы столовой при выращивании в органическом земледелии.

Ключевые слова: органическое растениеводство, биологизированный севооборот, органическое удобрение, азот, свекла столовая, урожайность

Для цитирования: Зависимость урожайности свеклы столовой от различных доз компоста в органическом земледелии / А. М. Захаров [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2024. – Т. 62, № 1. – С. 37–44. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-1-37-44>

Anton M. Zakharov, Aleksey P. Mishanov, Evgeny A. Murzaev, Anna E. Markova

DEPENDENCE OF TABLE BEET YIELD ON DIFFERENT DOSES OF COMPOST IN ORGANIC FARMING

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific
Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg, Tiarlevo, Russian Federation*

Abstract. The paper presents the experimental study results on the effect of different doses of BIAGUM compost on the yield of Dvusemiannaya TSHA table beet variety. The compost was produced from fermented poultry manure. The table beet was grown on sod-podzolic soil on carbonate loam in the frame work of a six-field biology-based crop rotation. No protective agents were used. Mechanical and manual weed control was applied instead. The precursor on the experimental plots was potatoes fertilized with BIAGUM compost in an amount of $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($N = 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) in 2021. The average biological yield of table beet roots in 2022 in the control variant without compost (variant 1) was $24.94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, in the variant with the compost application dose of $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($N = 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (variant 2) – $29.40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, in the variant with the compost application dose of $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($N = 160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (variant 3) – $31.28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. The study revealed that the compost application (variants 2 and 3) increased

the average yield by 17.88 and 25.41 % compared to variant 1, respectively. There were statistically significant differences between the variant 1 and variants 2 and 3: the LSD for the 5 % significance level was 2.42 t·ha⁻¹. The compost application in variants 2 and 3 increased the average mass of table beet roots by 30.7 and 33 %, respectively, against the variant 1 (control). The share of substandard roots in the total yield for these variants also increased. In all experiment variants, the nitrate content in the table beet roots did not exceed the allowable value of 1400 mg/kg. The experiment findings indicate a positive effect of BIAGUM compost application in the set doses on the table beet yield cultivated in organic farming.

Keywords: organic farming, biology-based crop rotation, organic fertilizer, nitrogen, table beet, yielding capacity

For citation: Zakharov A. M., Mishanov A. P., Murzaev E. A., Markova A. E. Dependence of table beet yield on different doses of compost in organic farming. *Vesti Natsyonal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2024, vol. 62, no. 1, pp. 37–44 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-1-37-44>

Введение. На протяжении последних несколько лет в России растет производство сельскохозяйственной продукции, производимой по органическим технологиям, в том числе продукции растениеводства [1–3]. Основным условием производства органической продукции растениеводства является полное исключение на всех этапах технологий использования минеральных удобрений, химических средств защиты растений и стимуляторов роста. Это значительно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду и повышает безопасность потребления возделываемой продукции [4].

Запрет на использование минеральных удобрений, химических средств защиты растений и стимуляторов роста в органическом производстве привел к большому объему поисковых и экспериментальных исследований в различных областях сельскохозяйственных наук. Для получения необходимой продуктивности с заданными параметрами качества растениеводческой продукции, возделываемой по органическим технологиям, необходима разработка новых средств стимулирования роста и питания [5, 6], новых биологических средств защиты [7, 8], а также научное обоснование технологических приемов возделывания культурных растений [9].

Необходимо учитывать, что продуктивность и качество получаемой растениеводческой продукции в органическом земледелии зависит не только от вида выращиваемых культур, применяемых технологий, удобрений и препаратов, но и от региона возделывания с конкретными природно-климатическими условиями и типами почв. В связи с этим проведение научных исследований по изучению продуктивности и качественного состава культурных растений при возделывании их по органическим технологиям с учетом почвенно-климатических показателей является важным и перспективным направлением исследовательской деятельности [10].

В Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства в 2016 г. заложен опытный шестипольный севооборот с культурами, характерными для Северо-Западного региона (картофель, свекла столовая и многолетние травы на семена), с целью проведения исследований по изучению влияния различных технологических приемов обработки почвы, способов борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями растений, а также воздействия органических удобрений на урожайность и качество получаемой продукции [11–13].

Цель исследований – изучение влияния различных доз компоста «БИАГУМ» на продуктивность и качественный состав свеклы столовой в органическом земледелии.

Материалы и методы исследований. В опыте использовали свеклу столовую сорта Двусемянная ТСХА, районированную с 1 по 12 регион Российской Федерации. Сорт среднеспелый. Корнеплод округлой формы, опробковение головки слабое, кольца выражены слабо. Мякоть красная. Максимальная урожайность – 97,3 т·га⁻¹ (Московская обл.). Выход товарной продукции – 88–96 %.

Климатические условия, предшествующие посеву и в период всей вегетации свеклы столовой, существенным образом влияют на количественные и качественные показатели урожая. При помощи метеостанции, расположенной в непосредственной близости с опытными делянками, получены данные по суммарной температуре и количеству осадков с мая по сентябрь 2022 г., а также произведен расчет значений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), позволяющего оценить увлажненность территории в период проведения эксперимента (табл. 1).

Таблица 1. Суммарные данные по температуре, количеству осадков и ГТК

Table 1. Total data on temperature, precipitation, and hydrothermal index

| Месяц | Сумма температур выше 10 °С, град | Количество осадков, мм | ГТК |
|----------|-----------------------------------|------------------------|------|
| Май | 199,9 | 15,0 | 0,75 |
| Июнь | 521,6 | 47,6 | 0,91 |
| Июль | 578,4 | 85,2 | 1,47 |
| Август | 610,3 | 149,6 | 2,45 |
| Сентябрь | 122,2 | 81,2 | 6,65 |

В 2022 г. для двух месяцев (май и июнь) ГТК составил 0,75 и 0,91 соответственно, что свидетельствует о недостаточном увлажнении (ГТК < 1). В июле и августе наблюдалось достаточное увлажнение (ГТК от 1,47 до 2,45), а в сентябре из-за низкой суммы активных температур – избыточное переувлажнение (ГТК > 4). Для полноценного развития растений свеклы столовой необходимо наличие в почве достаточного количества влаги, особенно это важно в течение первых трех недель после посева семян. Индекс ГТК характеризует неравномерность выпадения осадков за месяц и не отражает динамику наличия осадков за более короткие промежутки времени, что затрудняет определение обеспеченности семян влагой в период высева и прорастания. На рис. 1 приведен график количества осадков в течение вегетационного периода.

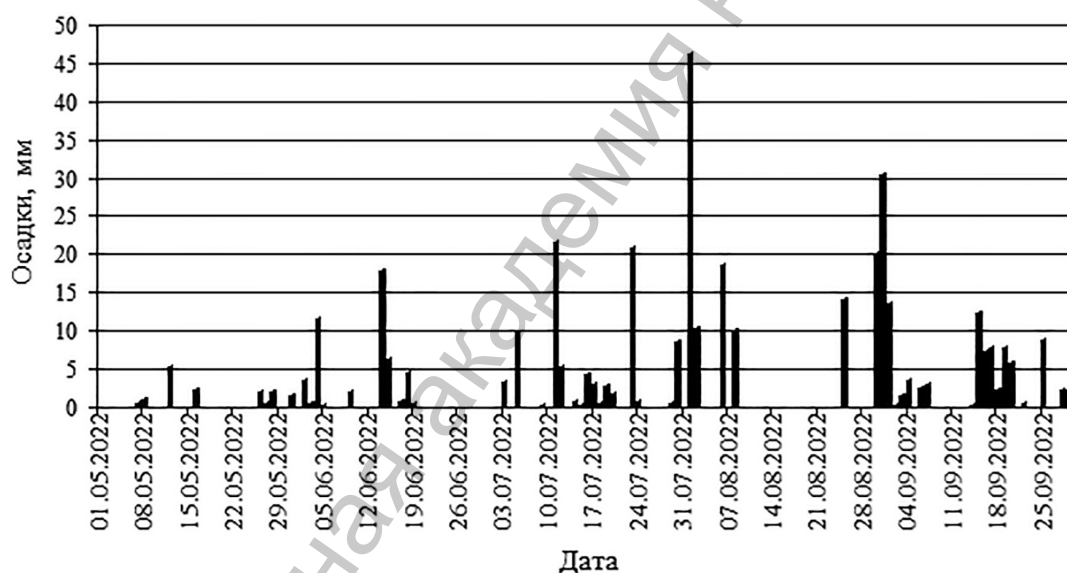


Рис. 1. График осадков с мая по сентябрь 2022 г.

Fig. 1. Precipitation chart from May to September 2022

Видно, что после посева семян (25.05.2022 г.) наблюдаются периоды с недостаточным количеством осадков, что отразилось на сроках и равномерности появления всходов.

Опытные делянки располагали на одном из полей шестипольного биологизированного севооборота. Тип почвы – дерново-подзолистая на карбонатном суглинке, pH почвы 6,91. Содержание подвижных форм основных элементов питания в почве, мг·100 г⁻¹: (N-NO₃ + N-NH₄) – 13,62; P₂O₅ – 53,57; K₂O – 12,05. Мощность пахотного горизонта – 25 см, объемная масса – 1,3 г·см⁻³. Предшественник – картофель с дозой внесения компоста «БИАГУМ» в количестве 4 т·га⁻¹ (N = 80 кг·га⁻¹). Семена свеклы высевали на гребнях высотой 0,14 м с междурядьями 0,7 м. Способ посева – однострочный. Расход семян при посеве составил 3,43 кг·га⁻¹ с последующим прореживанием для обеспечения расстояния между растениями в ряду 8–10 см.

Опыт состоял из трех вариантов с различными дозами внесения компоста «БИАГУМ», полученного путем ферментации куриного помета: вариант 1 – без внесения (контроль), вариант 2 – 4 т·га⁻¹ и вариант 3 – 8 т·га⁻¹, что соответствует внесению действующего вещества по азоту

в количестве 80 и 160 кг·га⁻¹ соответственно. Повторность в опыте – трехкратная. Растения выращивали на девяти делянках. Площадь каждой делянки составляла 78,4 м² (длина делянки – 14 м, ширина – 5,6 м).

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ Statistica. Средние значения показателей почвы в вариантах опытов, полученные на основании отбора почвенных проб с опытных участков, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние значения показателей почвы в вариантах по изучению действия компоста «БИАГУМ»

Table 2. Average soil indicators in the experiment variants considering the BIAGUM compost effect

| Дата отбора почвы | Внесено азота в 2022 г., кг·га ⁻¹ | Внесено азота в 2021 г., кг·га ⁻¹ | рН _{H₂O} | Содержание подвижных форм, мг·100 г ⁻¹ сухой почвы | | |
|--|--|--|------------------------------|---|-------------------------------|------------------|
| | | | | N-NO ₃ + N-NH ₄ | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Через 3 недели после внесения компоста | 0 | 80 | 7,45 | 10,99 | 55,26 | 12,05 |
| | 80 | 80 | 7,37 | 17,14 | 59,53 | 12,15 |
| | 160 | 80 | 7,39 | 12,88 | 58,96 | 17,10 |
| По окончании опыта | 0 | 80 | 7,24 | 5,72 | 48,28 | 4,90 |
| | 80 | 80 | 7,35 | 7,32 | 48,80 | 6,00 |
| | 160 | 80 | 7,36 | 8,58 | 60,70 | 6,50 |

Прямое действие и последствие азота, фосфора и калия в органических удобрениях зависит от содержания элементов питания в легкодоступной (усвояемой) для растений форме, что отражается в общем балансе и поступлении питательных веществ в почву.

На основании данных лаборатории по содержанию основных элементов питания в почве до начала опыта, с внесенным компостом «БИАГУМ» в дозе 8 т·га⁻¹ и от последствие внесенного в 2021 г. компоста произведен расчет планируемой урожайности свеклы столовой на уровне 40 т·га⁻¹. Рассчитано с учетом коэффициентов доступности элементов питания для различных типов почв и удобрений, а также с учетом выноса основных элементов питания (на 1 т основной и побочной продукции, кг: азота – 5,5, фосфора – 2,0, калия – 7,5)¹ [14].

Потребность в удобрениях для достижения урожайности на уровне 40 т·га⁻¹ свеклы столовой представлена в табл. 3.

Таблица 3. Баланс прихода и расхода элементов питания на урожайность 40 т·га⁻¹ свеклы столовой

Table 3. Balance of nutrient inputs and outputs for a table beet yield of 40 t·ha⁻¹

| Показатель | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--|-------|-------------------------------|------------------|
| Количество элементов в пахотном слое до начала опыта, кг | 442,0 | 1742,0 | 391,6 |
| Количество элементов, доступных растениям из почвы, кг·га ⁻¹ | 88,4 | 174,0 | 78,4 |
| Внесено с компостом в 2022 г. (доза 8 т·га ⁻¹), кг·га ⁻¹ | 160,0 | 136,0 | 72,0 |
| Доступно растениям от внесенного с компостом в 2022 г. (доза 8 т·га ⁻¹), кг·га ⁻¹ | 48,0 | 54,0 | 65,0 |
| Доступно растениям от компоста, внесенного в 2021 г. | 20,0 | 10,0 | 7,0 |
| Всего доступно растениям, кг·га ⁻¹ | 156,4 | 238,0 | 174,0 |
| Для получения урожайности 40 т·га ⁻¹ потребуется, кг·га ⁻¹ | 220,0 | 80,0 | 300,0 |
| Необходимо довести, кг·га ⁻¹ | 63,6 | – | 126,0 |

Калий свекле необходим во все периоды роста и развития, но особенно во вторую половину вегетационного периода. При слабом калийном питании задерживается синтез белка, что снижает качество продукции.

Урожайность и качество свеклы столовой зависит не только от обеспеченности почвы элементами питания, но и от их сбалансированности. Согласно исследованиям В. И. Буренина,

¹ Васяев Г. В. Методические указания по проектированию системы применения удобрений в хозяйствах Северо-Западной зоны. Л.; Пушкин, 1976. 68 с.

рекомендованное соотношение основных элементов питания при выращивании корнеплодов $N : P_2O_5 : K_2O_5 = 1,0 : 0,8 : 1,0-1,2$ [15]. В представленных экспериментальных исследованиях данное соотношение составило $N : P_2O_5 : K_2O_5 = 1,0 : 4,2 : 0,7$.

На примере урожая свеклы столовой $31,28 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ в варианте с внесением компоста с дозой $8 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ рассчитаны коэффициенты использования и потери основных элементов питания (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты использования и потери азота, фосфора и калия при выращивании свеклы столовой

Table 4. Nitrogen, phosphorus and potassium use efficiency and loss during table beet cultivation

| Предоставлено растениям, $\text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$ | Вынесено с урожаем, $\text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$ | Осталось в почве, $\text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$ | Коэффициент использования, % | Потери, % |
|---|--|--|------------------------------|-----------|
| <i>Азот</i> | | | | |
| 602,0 | 172,0 | 278,9 | 28,6 | 25,1 |
| <i>Фосфор</i> | | | | |
| 1878,0 | 62,6 | 1712,7 | 3,3 | 5,5 |
| <i>Калий</i> | | | | |
| 463,6 | 234,6 | 211,3 | 50,6 | 3,8 |

В используемой для проведения опыта дерново-подзолистой почве на карбонатном суглинке калий в основном находился в обменной форме и коэффициент его использования свеклой столовой в варианте без внесения удобрений составил 47,7 %, потери – 11,6 %. При pH почвы $> 6,0$ выщелачивание K^+ резко снижается, что создает благоприятные условия для выращивания свеклы столовой.

Биологическую урожайность в вариантах опыта определяли 05.09.2022 г. Полученные данные с результатами статистической обработки представлены в табл. 5.

Таблица 5. Биологическая урожайность столовой свеклы на делянках в зависимости от различных доз компоста

Table 5. Biological yielding capacity of table beet on plots depending on different compost doses

| Доза внесения азота в 2022 г., $\text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$ | $\bar{x} \pm S_x$ | $\pm S$ | $V, \%$ | $S_x, \%$ |
|---|--------------------|---------|---------|-----------|
| 0 | $249,44 \pm 6,73$ | 11,66 | 4,69 | 2,67 |
| 80 | $294,03 \pm 6,45$ | 11,18 | 3,80 | 2,19 |
| 160 | $312,83 \pm 8,09$ | 14,00 | 4,48 | 2,57 |
| – | $HCP_{05} = 24,19$ | – | – | – |

Примечание: \bar{x} – средняя арифметическая; S_x – ошибка средней; $\pm S$ – стандартное отклонение; $V, \%$ – коэффициент вариации; $S_x, \%$ – относительная ошибка средней.

Note: \bar{x} – arithmetic mean; S_x – error of the mean; $\pm S$ – standard deviation; $V, \%$ – variation coefficient; $S_x, \%$ – relative error of the mean.

Показатели содержания сухого вещества, сырой золы и нитратов в растениях свеклы столовой в зависимости от вариантов опыта представлены в табл. 6.

Ценность корнеплодов зависит от содержания в них сахаров, витаминов, пектиновых веществ и других углеводов. Выход сухого вещества в вариантах 2 и 3 повышался до $3,48$ и $3,50 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ по сравнению с контрольным вариантом ($3,11 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$).

Вследствие высоких урожаев (более $30 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$) корнеплоды потребляют большое количество зольных элементов с единицы площади посева. В проведенных исследованиях на долю сырой золы в растениях свеклы столовой приходится от $0,26$ (контроль) до $0,33$ и $0,32 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ (варианты 2 и 3), остальная доля в сухом веществе – от $0,29 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ (контроль) до $0,32 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ (вариант 3) – приходится на органические соединения.

Одним из показателей качества свеклы столовой является содержание нитратов в корнеплодах, предельно допустимое значение которых не должно превышать $1400 \text{ мг}\cdot\text{кг}$. С увеличением

Таблица 6. Содержание сухого вещества, сырой золы и нитратов в корнеплодах свеклы столовой в зависимости от различных доз удобрения

Table 6. Dry matter, crude ash and nitrates content in table beet roots depending on different fertilizer doses

| Доза внесения азота в 2022 г., кг-га ⁻¹ | Показатель | $\bar{x} \pm S_x$ | $\pm S$ | $V, \%$ | $S_x, \%$ |
|--|--|-------------------|---------|---------|-----------|
| 0 | Сухое вещество, % | 12,47 ± 0,28 | 0,49 | 3,93 | 2,25 |
| | Сырая зола, % | 8,27 ± 0,29 | 0,50 | 6,08 | 3,51 |
| | NO ₃ ⁻ (нативное), мг-кг ⁻¹ | 967,14 ± 80,17 | 138,86 | 14,36 | 8,29 |
| 80 | Сухое вещество, % | 11,84 ± 0,40 | 0,69 | 5,85 | 3,38 |
| | Сырая зола, % | 9,59 ± 1,10 | 1,90 | 19,90 | 11,47 |
| | NO ₃ ⁻ (нативное), мг-кг ⁻¹ | 1170,55 ± 17,60 | 30,48 | 2,60 | 1,50 |
| 160 | Сухое вещество, % | 11,18 ± 0,40 | 0,69 | 6,17 | 3,58 |
| | Сырая зола, % | 9,12 ± 0,52 | 0,90 | 9,88 | 5,70 |
| | NO ₃ ⁻ (нативное), мг-кг ⁻¹ | 1305,07 ± 83,39 | 144,43 | 11,07 | 6,39 |

Примечание: \bar{x} – средняя арифметическая; S_x – ошибка средней; $\pm S$ – стандартное отклонение; $V, \%$ – коэффициент вариации; $S_x, \%$ – относительная ошибка средней.

Note: \bar{x} – arithmetic mean; S_x – error of the mean; $\pm S$ – standard deviation; $V, \%$ – variation coefficient; $S_x, \%$ – relative error of the mean.

доз азота, вносимого с удобрениями, увеличивается урожайность, при этом вероятность накопления нитратов в корнеплодах также возрастает [16].

В исследованиях содержание нитратов в корнеплодах для всех вариантов опыта колеблется от 967,14 до 1305,07 мг-кг⁻¹. Минимальное содержание нитратного азота в продукции отмечено в контроле – 967,14 мг-кг⁻¹, максимальное – 1305,07 мг-кг⁻¹ – в варианте с дозой внесения компоста в количестве 8 т-га⁻¹. Для всех вариантов значения содержания нитратов не выходят за предельно допустимую концентрацию.

При полной уборке урожая свеклы столовой 07.10.2022 г. был определен процентный состав корнеплодов в зависимости от вариантов опыта. Условно фракционный состав представлен восьмью группами средних диаметров корнеплодов с интервалом 15 мм, которые охватывают как стандартную (от 50 до 140 мм), так и нестандартную (менее 50 и более 140 мм) продукцию (рис. 2).

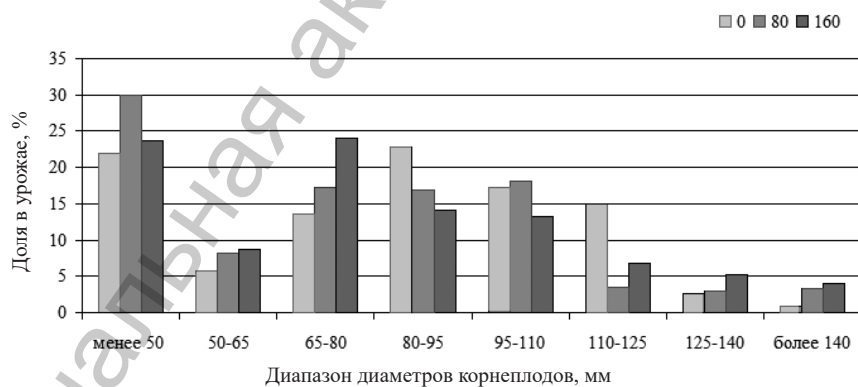


Рис. 2. Фракционный состав и его доля в общем урожае свеклы столовой

Fig. 2. Fractional composition and its share in the total table beet yield

Видно, что доля нестандартной продукции в урожае вариантов опыта с использованием компоста выше по сравнению с вариантом без использования компоста. Одной из причин может являться неравномерность выпадения осадков в течение вегетационного периода и недостаток влаги в первые несколько недель после посева. При этом также наблюдается увеличение доли корнеплодов в диапазонах диаметров 50–65 мм и 65–80 мм, которые являются наиболее востребованными потребителем.

Выводы. На основании полученных в результате работы продуктивности и качества свеклы столовой от внесения компоста «БИАГУМ» в основную обработку 2022 г. можно сделать следующие выводы.

1. Биологическая урожайность свеклы столовой в вариантах с внесением доз компоста 4 и 8 т·га⁻¹ на 17,88 и 25,41 % выше по сравнению с контрольным вариантом (24,94 т·га⁻¹). Между вариантом 1 (контроль) и вариантами 2 и 3 (дозы внесения компоста 4 и 8 т·га⁻¹) имеются статистически значимые различия. Между вариантами 2 и 3 статистически значимых различий не выявлено.

2. Средняя масса корнеплодов свеклы столовой на 30,7 и 33,0 % выше в вариантах 2 и 3 с внесением компоста по сравнению с вариантом 1 (контроль) соответственно.

3. Содержание нитратов в корнеплодах столовой свеклы для всех вариантов опыта не превышает допустимого значения – 1400 мг/кг.

Список использованных источников

1. Рожкова, Д. В. Органическое производство как приоритетное направление развития «зеленой» экономики / Д. В. Рожкова // Вестн. НГИЭИ. – 2019. – № 2 (93). – С. 59–68.
2. Любовецкий, Я. Россия может стать мировым лидером рынка органических продуктов [Электронный ресурс] / Я. Любовецкий // ROSNG.ru. – Режим доступа: <https://rosng.ru/post/yakov-lyubovedskiy-rossiya-mozhet-stat-mirovym-liderom-rynka-organicheskikh-produktov>. – Дата доступа: 16.10.2022.
3. Никитина, К. Р. Мировые тенденции развития органического сельского хозяйства / К. Р. Никитина // Вестн. Беларус. дзярж. экан. ун-та. – 2019. – № 5 (136). – С. 82–90.
4. Exploration of rational farming technology, an ecological & economical pathway of organic cultivation as a sustainable farming model in the pretext of climate change / Visva-Bharati Univ., Inhana Organic Research Found.; ed.: A. K. Barik [et al.]. – Kolkata: IORF, 2017. – 46 p.
5. Трусова, Л. А. Влияние органических удобрений на урожайность свеклы столовой и щавеля / Л. А. Трусова, Д. В. Петров // Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та. – 2017. – № 46. – С. 52–58.
6. Influence of fertilizer type on beet production and post-harvest quality characteristic / C. R. da S. Curvelo [et al.] // Agric. Sci. – 2018. – Vol. 9, № 5. – P. 557–565. <https://doi.org/10.4236/as.2018.95038>
7. New polyfunctional biorationals use to achieve competitive yield of organic potatoes in the north-west Russian ecosystem / I. Novikova [et al.] // Plants. – 2022. – Vol. 11, № 7. – Art. 962. <https://doi.org/10.3390/plants11070962>
8. Challenges and prospects for building resilient disease management strategies and tactics for the New York table beet industry / S. J. Pethybridge [et al.] // Agronomy. – 2018. – Vol. 8, № 7. – Art. 112. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070112>
9. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почвы и эффективности растениеводства / О. В. Савина [и др.] // Вестн. Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П. А. Костычева. – 2019. – № 4 (44). – С. 53–59. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2019.68.67.009>
10. Устроев, А. А. Анализ цифровых измерительных систем для определения параметров почвенного состояния / А. А. Устроев, А. Б. Калинин, Е. А. Мурзаев // Технологии и техн. средства механизир. пр-ва продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4 (97). – С. 19–28. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10085>
11. Устроев, А. А. Зависимость урожайности картофеля в биологизированной технологии возделывания от параметров базовых технологических процессов / А. А. Устроев, В. Б. Минин, Е. А. Мурзаев // Технологии и техн. средства механизир. пр-ва продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 1 (98). – С. 93–101. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10125>
12. Effect of deep loosening of inter-rows on physical properties of sod-podzolic soil and yield of organic potato / A. M. Zakharov [et al.] // Вестн. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 4. – С. 372–379. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-4-372-379>
13. Технологии органического производства сельскохозяйственной продукции растениеводства в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации: программа приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014–2020»: проект EFSA «Экологически дружественное умное органическое сельское хозяйство». Грантовый контракт 1905165-KS1798 / Н. А. Евдокимова [и др.]. – СПб.: ИАЭП, 2021. – 140 с.
14. Рекомендации по окультуриванию и сельскохозяйственному использованию мелиорируемых земель в Черноземной зоне РСФСР / Сев. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации; разработ.: И. М. Емельянова [и др.]. – Л.: СевНИИГиМ, 1978. – 66 с.
15. Овощные культуры / сост. В. И. Буренин. – Л.: Лениздат, 1980. – 168 с.
16. Гаплаев, М. Ш. Влияние удобрений и орошения на урожайность и качество корнеплодов свеклы столовой / М. Ш. Гаплаев, В. Ф. Пивоваров, С. М. Надежкин // Овощи России. – 2014. – № 1 (22). – С. 80–85.

References

1. Rozhkova D. V. Organic production as a priority direction of development of the “green” economy. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2019, no. 2 (93), pp. 59–68 (in Russian).
2. Lyubovedskii Ya. Russia may become a world leader in the organic products market. *ROSNG.ru*. Available at: <https://rosng.ru/post/yakov-lyubovedskiy-rossiya-mozhet-stat-mirovym-liderom-rynka-organicheskikh-produktov> (accessed 16 October 2022) (in Russian).
3. Nikitina K. R. Global trends in the development of organic agriculture. *Vesnik Belaruskaga dzyarzhhaunaga ekana-michnaga universiteta* [Belarusian State Economic University Bulletin], 2019, no. 5 (136), pp. 82–90 (in Russian).
4. Barik A. K., Chatterjee A. K., Mandal B., Seal A., Bera R., Datta A. (eds.). *Exploration of rational farming technology, an ecological & economical pathway of organic cultivation as a sustainable farming model in the pretext of climate change*. Kolkata, IORF, 2017. 46 p.

5. Trusova L. A., Petrov D. V. Effect of organic fertilizers on the yield of table beet and sorrel. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2017, no. 46, pp. 52–58 (in Russian).
6. Curvêlo C. R. da S., Diniz L. H. B., Pereira A. I. de A., Ferreira L. L. Influence of fertilizer type on beet production and post-harvest quality characteristic. *Agricultural Sciences*, 2018, vol. 9, no. 5, pp. 557–565. <https://doi.org/10.4236/as.2018.95038>
7. Novikova I., Minin V., Titova J., Zakharov A., Krasnobaeva I., Boikova I., Murzaev E. New polyfunctional biorationals use to achieve competitive yield of organic potatoes in the North-West Russian ecosystem. *Plants*, 2022, vol. 11, no. 7, art. 962. <https://doi.org/10.3390/plants11070962>
8. Pethybridge S. J., Kikkert J. R., Hanson L. E., Nelson S. C. Challenges and prospects for building resilient disease management strategies and tactics for the New York table beet industry. *Agronomy*, 2018, vol. 8, no. 7, art. 112. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070112>
9. Savina O. V., Makarov V. A., Makarova O. V., Gasparyan S. V. Organic fertilizers as a factor of increasing soil fertility and efficiency of growing. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*, 2019, no. 4 (44), pp. 53–59 (in Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2019.68.67.009>
10. Ustrov A. A., Kalinin A. B., Murzaev E. A. Analysis of digital measurement systems to determine the soil state parameters. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii raslenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies, Machines and Equipment for Mechanised Crop and Livestock Production], 2018, no. 97, pp. 19–28 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10085>
11. Ustrov A. A., Minin V. B., Murzaev E. A. Correlation between potato yields in biology-based cultivation technology and parameters of basic technological processes. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii raslenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies, Machines and Equipment for Mechanised Crop and Livestock Production], 2019, no. 1 (98), pp. 93–101 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10125>
12. Zakharov A. M., Minin V. B., Murzaev E. A., Mishanov A. P., Ivanov D. Y. Effect of deep loosening of inter-rows on physical properties of sod-podzolic soil and yield of organic potato. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no. 4, pp. 372–379. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-4-372-379>
13. Evdokimova N. A., Zakharov A. M., Maksimov D. A., Minin V. B., Murzaev E. A., Perekopskii A. N., Solov'ev Ya. S., Ustrov A. A. *Technologies of organic production of farm crops under conditions of the North-West Region of the Russian Federation: cross-border cooperation program "Russia – South-East Finland 2014–2020": EFSOA project "Environmentally friendly smart organic agriculture"*. Grant contract 1905165-KSI798. St. Petersburg, Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production, 2021. 140 p. (in Russian).
14. Emel'yanova I. M., Malysheva G. A., Pestryakov V. K., Popova T. P. (comp.). *Recommendations on restoration and agricultural use of land being reclaimed in the Non-Chernozem Zone of the RSFSR*. Leningrad, Northern Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 1978. 66 p. (in Russian).
15. Burenin V. I. (comp.). *Vegetable crops*. Leningrad, Lenizdat Publ., 1980. 168 p. (in Russian).
16. Gaplaev M. Sh., Pivovarov V. F., Nadezhkin S. M. Influence of fertilizers and irrigation on the yield and quality of beet roots. *Ovoshchi Rossii = Vegetable Crops of Russia*, 2014, no. 1 (22), pp. 80–85 (in Russian).

Информация об авторах

Захаров Антон Михайлович – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Фильтровское ш., 3, 196634, Санкт-Петербург, Тярлево, Российская Федерация). ResearcherID: S-4113-2018, <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>. E-mail: bauermw@mail.ru

Мишанов Алексей Петрович – старший научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Фильтровское ш., 3, 196634, Санкт-Петербург, Тярлево, Российская Федерация). <https://orcid.org/0000-0001-9838-5508>. E-mail: amishanov@mail.ru

Мурзаев Евгений Александрович – младший научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Фильтровское ш., 3, 196634, Санкт-Петербург, Тярлево, Российская Федерация). <https://orcid.org/0000-0001-5143-7665>. E-mail: Murzaev.e.a@mail.ru

Маркова Анна Ефимовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий специалист, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Фильтровское ш., 3, 196634, Санкт-Петербург, Тярлево, Российская Федерация). E-mail: markova.ae@mail.ru

Information about the authors

Anton M. Zakharov – Ph. D. (Engineering), Deputy Director on Research, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (IEEP – branch of FSAC VIM) (3, Filtrovskoje highway, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Russian Federation). ResearcherID: S-4113-2018, <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>. E-mail: bauermw@mail.ru

Aleksey P. Mishanov – Senior Researcher, IEEP – branch of FSAC VIM (3, Filtrovskoje highway, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-9838-5508>. E-mail: amishanov@mail.ru

Evgeny A. Murzaev – Junior Researcher, IEEP – branch of FSAC VIM (3, Filtrovskoje highway, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5143-7665>. E-mail: Murzaev.e.a@mail.ru

Anna E. Markova – Ph. D. (Agriculture), Leading Specialist, IEEP – branch of FSAC VIM (3, Filtrovskoje highway, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Russian Federation). E-mail: markova.ae@mail.ru