

Научная статья

УДК 631.445.1:633.63:631.8

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_4\_49

**Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном**Павел Иванович Подрезов<sup>1✉</sup>, Николай Георгиевич Мязин<sup>2</sup>, Анна Николаевна Кожокина<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия,<sup>1</sup>pipodrezov@mail.ru✉

**Аннотация.** Сахарная свекла, являясь одной из важнейших продовольственных культур, предъявляет высокие требования к почвенному плодородию. Чернозем типичный, который считается общепризнанным «эталонном» почвенного плодородия, подходит для ее выращивания. Однако свойства любой почвы с течением времени, а особенно при внесении удобрений, претерпевают существенные изменения. В связи с этим особое внимание уделяется изучению влияния многолетнего внесения минеральных и органических удобрений на изменение агрохимических свойств чернозема типичного и урожайность сахарной свеклы. Исследования проводились в 2007–2009 гг. в стационарном полевом опыте, заложенном в 1969 г. До закладки опыта чернозем типичный характеризовался нейтральной реакцией среды, очень высокой обеспеченностью основаниями, повышенным содержанием фосфора и высоким содержанием калия. Почти за 40 лет его сельскохозяйственного использования произошло существенное изменение физико-химических свойств. При этом ярко выраженных различий между удобренными вариантами опыта по величине показателей почвенной кислотности не наблюдалось. Следует отметить их оптимальные значения на варианте с последствием 30 т/га навоза, но и здесь почва относилась к классу слабокислой. Запасы азота при внесении минеральных удобрений увеличивались на 48,5–96,8 кг/га, содержание подвижного фосфора – на 11,4–35,9 мг/кг, калия – на 13–27 мг/кг. Повышение содержания элементов питания в почве благоприятно сказалось на урожайности сахарной свеклы: прибавки урожая к контролю составляли 84–191 ц/га, при содержании сахара в корнеплодах удобренных вариантов 16,4–17,2%, а его сборе 12–28 ц/га.

**Ключевые слова:** чернозем типичный, плодородие, удобрения, почвенная кислотность, сахарная свекла, урожайность, содержание сахара

**Для цитирования:** Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 49–57. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2021\\_4\\_49-57](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_49-57).

## AGRICULTURAL CHEMISTRY (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem**Pavel I. Podrezov<sup>1✉</sup>, Nikolay G. Myazin<sup>2</sup>, Anna N. Kozhokina<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>1</sup>pipodrezov@mail.ru✉

**Abstract.** Being one of the most important food crops, sugar beet is highly demanding in terms of soil fertility. Typical chernozem, which is considered a generally recognized standard of soil fertility, is suitable for cultivating this crop. However, the properties of any soil undergo significant changes over time, especially when fertilizers are applied. In this regard, special attention is paid to studying the effect of long-term application of mineral and organic fertilizers on the changes in the agrochemical properties of typical chernozem and sugar beet yield. The research was performed in 2007–2009 in a stationary field experiment laid in 1969. Prior to the establishment of experiment, typical chernozem was characterized by a neutral reaction, a very high supply of bases, increased phosphorus content and high potassium content. Over almost 40 years of its agricultural use, a significant change occurred in its physical and chemical properties. At the same time, there were no pronounced differences between the fertilized experimental variants in terms of the value of soil acidity indicators. It should be noted that their values were optimal in the variant with the aftereffect of 30 t/ha of manure, but even there the soil belonged to the class of weakly acidic. Where mineral fertilizers were applied, nitrogen reserves increased by 48.5–96.8 kg/ha, the content of mobile phosphorus increased by 11.4–35.9 mg/kg, and potassium content increased by 13–27 mg/kg. An increase in the content of nutrients in the soil had a beneficial effect on the yield of sugar beet.

For instance, the increase in yield compared to control was 84-191 c/ha, with sugar content in the root crops in fertilized variants being 16.4-17.2% and sugar yield being 12-28 c/ha.

**Keywords:** typical chernozem, fertility, fertilizers, soil acidity, sugar beet, yield, sugar content

**For citation:** Podrezov P.I., Myazin N.G., Kozhokina A.N. Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2021;14(4):49-57. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2021\\_4\\_49-57](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_49-57).

**В** ведение  
Российская Федерация является вторым по величине производителем сахарной свеклы и способна полностью обеспечивать свои потребности в сахаре [1]. В 2021 г. сахарная свекла посеяна на площади 1,0 млн га (в 2020 г. – 932,2 тыс. га). В ЦЧР абсолютным лидером по посевам этой культуры выступает Воронежская область – 119 тыс. га [12].

Сахарная свекла относится к одной из самых сложных в возделывании культур. Для того, чтобы получить высокий урожай хорошего качества, необходимо с особой внимательностью отнестись к степени кислотности почвы, содержанию в ней элементов питания, правильному размещению культуры в севообороте, системе обработки почвы и выбору подходящего сорта или гибрида. Культура, как правило, характеризуется высокой урожайностью, вследствие чего выносит из почвы значительное количество элементов питания. Чтобы удовлетворить потребность корнеплодов в элементах питания необходимо вносить достаточно высокие дозы удобрений [15].

Эффективность внесения различных доз минеральных удобрений в различных условиях нашей страны неодинакова [2, 7, 9]. Так, О.А. Минакова с соавторами отмечают, что в условия ЦЧЗ вносимые под сахарную свеклу на черноземе выщелоченном минеральные удобрения наибольшую эффективность показывают в оптимальные по условиям увлажнения годы (сумма осадков выше 180 мм за период вегетации сахарной свеклы). При этом наибольшая урожайность получена на вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{135}P_{135}K_{135}$  на фоне 25 т/га навоза [5, 6].

В условиях чернозема выщелоченного Тамбовской области эффективно было внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{150}P_{90}K_{90}$  и  $N_{120}P_{90}K_{90}$ . При этом урожайность сахарной свеклы была невысокой и находилась в пределах 23–24 т/га, но прибавки урожая по отношению к контролю были достоверны и составляли 4–5 т/га [11]. В исследованиях В.В. Дроздовой и Н.Е. Репиной, проведенных также на черноземе выщелоченном в 2012–2014 гг., наибольшая эффективность отмечена на варианте применения  $N_{80}P_{80}K_{80}$  (урожайность корнеплодов составляла 62,0 т/га, содержание сахара – 18,7%) [4]. В условиях серой лесной почвы с низким содержанием гумуса наибольшая урожайность свеклы была получена при внесении  $N_{160}P_{120}K_{160}$ . В зависимости от технологии обработки почвы она составляла 55,3–56,2 т/га, с содержанием сахара в корнеплодах 16,6–16,7% [14]. Таким образом, эффективность тех или иных доз удобрений при выращивании сахарной свеклы определяется метеоусловиями конкретного года и показателями почвенного плодородия.

В связи с вышесказанным целью исследований являлось изучение влияния удобрений на изменение основных показателей плодородия чернозема типичного и урожайность сахарной свеклы.

#### **Методика эксперимента**

Исследования проводились в течение 2007–2009 гг. в многолетнем стационарном опыте кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского государственного аграрного университета, заложенном в 1969 г. на черноземе типичном. В опыте освоен севооборот со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – яровая пшеница – кукуруза на силос – ячмень.

Агрохимическая характеристика чернозема типичного перед закладкой опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка перед закладкой опыта, 1969 г.

Глубина отбора, см	pH <sub>KCl</sub>	N	S	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Чирикову, мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O по Масловой, мг/кг почвы
		мг/экв на 100 г почвы				
0–20	6,0	4,0	41,1	90,9	69	220

Схема опыта включает 17 вариантов. Для исследований были выбраны семь:

- 1) контроль, без удобрений;
- 5) N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>;
- 8) N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>;
- 9) N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>;
- 11) последствие 30 т/га навоза;
- 13) последствие 30 т/га навоза + N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>;
- 16) N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>.

Повторность опыта 4-кратная. Расположение вариантов рендомизированное.

Площадь опытной делянки – 230 м<sup>2</sup> (длина – 50 м, ширина – 4,6 м), учетная – 50 м<sup>2</sup>.

В опыте применялись следующие удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий и навоз КРС. Удобрения вносили осенью под вспашку, ручную.

Агротехника возделывания сахарной свеклы районированного сорта Рамонская 047 общепринятая для зоны. Стоит отметить, что в настоящее время большая часть семенного материала сахарной свеклы в РФ представлена гибридами иностранной селекции. Они характеризуются высокой продуктивностью, но, в отличие от традиционных российских сортов и гибридов, более чувствительны к повреждению вредителями и патогенными микроорганизмами. Там, где гибриду иностранной селекции необходимы пять фунгицидных обработок, российский гибрид может обойтись одной.

Учет урожая сахарной свеклы проводили вручную с учетной площади. Урожайные данные обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа [3].

Отбор почвенных и растительных образцов проводился в начале вегетации (по всходам), в середине вегетации (смыкание в рядах) и перед уборкой. Образцы отбирались в 5-кратной повторности с двух несмежных повторений, послойно через 20 см. Перед уборкой урожая отбирались растительные образцы.

Химические анализы почвенных и растительных образцов выполнялись по общепринятым методам [8, 13].

### Результаты и их обсуждение

Чернозем типичный традиционно считается самым плодородным подтипом почвы. В нативном состоянии он характеризуется высоким содержанием гумуса, близкой к нейтральной или нейтральной реакцией среды, высокой обеспеченностью обменными основаниями и подвижными формами фосфора и калия. Внесение удобрений приводит к изменению этих показателей.

Так, в условиях данного опыта, в результате многолетнего выращивания сельскохозяйственных культур без внесения удобрений, с момента закладки опыта (1969 г.) и до 2007–2009 гг. наблюдалось снижение величины обменной кислотности с 6,0 до 5,2 ед. pH<sub>KCl</sub>, повышение гидролитической – на 0,8 мг-экв/100 г почвы, уменьшение содержания обменных оснований на 6,8 мг-экв/100 г почвы (табл. 2). По степени кислотности чернозем типичный из класса близкого к нейтральным почвам перешел в класс слабокислого.

Таблица 2. Основные физико-химические свойства чернозема типичного под сахарной свеклой, слой почвы 0–40 см, перед уборкой урожая (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	pH <sub>KCl</sub>	Hг	S	V, %
		мг-экв/100 г почвы		
1. Контроль, без удобрений	5,2	4,8	34,3	87,8
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	5,1	5,0	32,9	86,9
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,2	4,9	33,7	87,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	5,1	5,0	33,5	87,0
11. Последствие 30 т/га навоза	5,4	4,4	36,0	89,1
13. Последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,3	4,8	33,8	87,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	5,3	4,9	33,7	87,4

Внесение минеральных удобрений в различных дозах также приводило к переходу почвы в класс слабокислой. При этом уменьшалась величина pH<sub>KCl</sub> на 0,7–0,9 ед., гидролитическая кислотность повышалась на 0,8–1,0 мг-экв/100 г почвы при снижении содержания обменных оснований на 7,8–8,2 мг-экв/100 г почвы.

Ярко выраженных различий между удобренными вариантами опыта по величине показателей почвенной кислотности не наблюдалось. Можно лишь отметить их оптимальные значения на варианте с последствием 30 т/га навоза, но и здесь почва относилась к классу слабокислой.

Сахарная свекла предъявляет достаточно высокие требования к содержанию элементов питания в почве. Для питания корнеплодов необходимо обеспечить оптимальное содержание азота в почве. Объясняется это тем, что недостаток азота (особенно в начальные периоды роста культуры) может вызывать снижение урожайности корнеплодов. Избыточное азотное питание опасно снижением качества корнеплодов (уменьшение содержания сахара, накопление «вредного азота») [10, 15].

Как следует из результатов исследований, в среднем за 3 года (2007–2009 гг.) запасы минерального азота в почве под сахарной свеклой находились в прямой зависимости от внесенных удобрений. Так, на варианте без применения удобрений запасы минерального азота в метровом слое в начале вегетации составили 100,6 кг/га (рис. 1), а при внесении осенью под основную обработку почвы азотно-фосфорных удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>) – 149,1 кг/га.

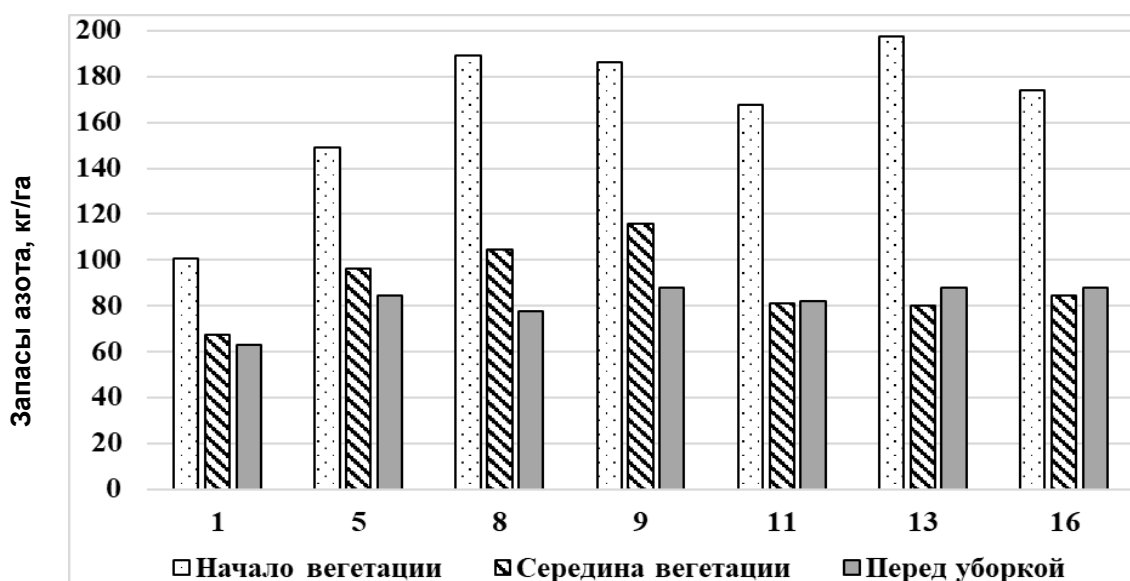


Рис. 1. Динамика запасов минерального азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.), слой 0–100 см

Внесение одинарной ( $N_{90}P_{90}K_{90}$  – вариант 8) и двойной ( $N_{180}P_{180}K_{180}$  – вариант 9) доз позволило в начале вегетации создать запасы минерального азота в почве соответственно 189,1 и 186,1 кг/га. Здесь они были близки к рекомендованным – 200–250 кг/га, которые позволят получить урожайность сахарной свеклы 40 т/га. На варианте 11 (второй год последействия органических удобрений) создан запас минерального азота 167,7 кг/га. Наибольший запас минерального азота (197,4 кг/га) создается на варианте 13, при внесении по 90 кг/га NPK на фоне второго года последействия органических удобрений.

К середине вегетации запасы минерального азота в почве уменьшались на всех вариантах опыта. Причем потребление минерального азота находилось в прямой зависимости от его содержания в почве – на вариантах с большим содержанием минерального азота произошло и наибольшее его снижение.

К концу вегетации сахарной свеклы на варианте без применения удобрений и на вариантах с внесением только минеральных удобрений происходило дальнейшее уменьшение содержания запасов минерального азота в почве, однако не столь значительное, как в первой половине вегетации. На вариантах с использованием последействия органических удобрений, а также на варианте с внесением двойной дозы калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных после значительного сокращения запасов минерального азота в почве в течение первой половины вегетации, во второй половине произошло незначительное их восполнение (от 1,1 до 7,4 кг/га).

Динамика содержания подвижной формы фосфора, определяемой по методу Чирикова, представлена на рисунке 2. Из этих данных видно, что существенного снижения содержания подвижного фосфора с момента закладки опыта (1969 г.) до 2007–2009 гг. не произошло. Вероятно, это говорит о возможности пополнения содержания подвижных форм фосфора за счет других, менее растворимых, минеральных фосфатов и минерализации органического вещества.

Внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{90}P_{90}$ ,  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и  $N_{90}P_{90}K_{180}$  способствовало увеличению содержания подвижного фосфора на 11,4–16,4 мг/кг почвы по сравнению с контролем (варианты 5, 8 и 16). Последействие навоза, внесенного в поле чистого пара, повышало содержание подвижного фосфора по сравнению с контролем практически наравне с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{180}P_{180}K_{180}$  (на 26,6 и 27,2 мг/кг почвы). В наибольшей степени содержание подвижного фосфора повышалось при внесении  $N_{90}P_{90}K_{90}$  на фоне последействия 30 т/га навоза.

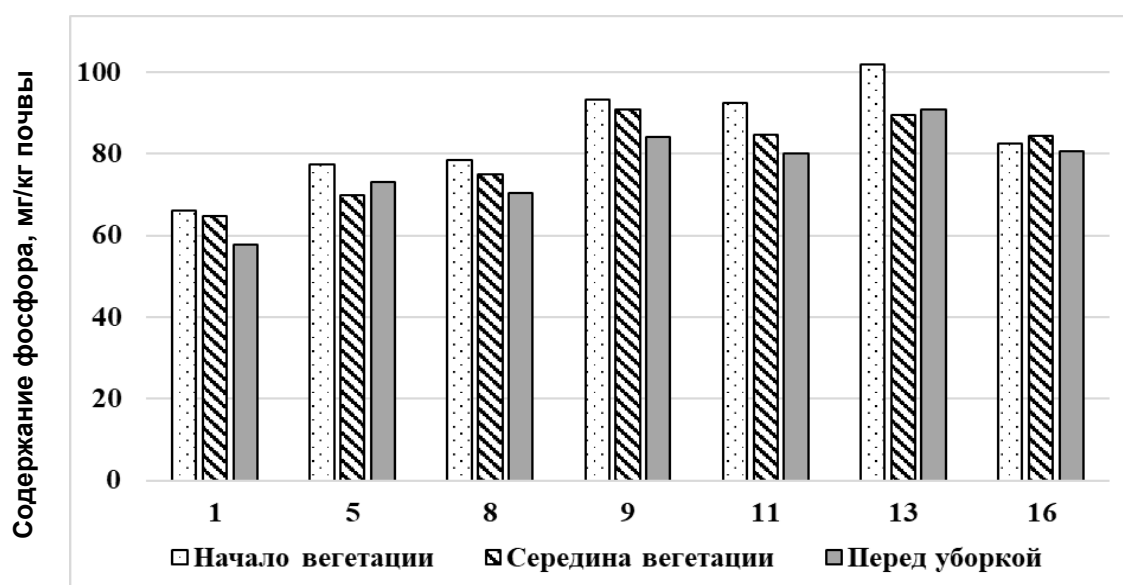


Рис. 2. Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг (среднее за 2007–2009 гг.), по Чирикову, слой 0–40 см

В процессе роста растений содержание подвижного фосфора практически по всем вариантам опыта уменьшалось: на 1,2–12,4 мг/кг почвы к середине вегетации, а затем еще на 3,9–7,0 мг/кг почвы к моменту уборки сахарной свеклы. Однако это уменьшение было значительно ниже выноса фосфора с урожаем. Как мы указывали выше, вероятно, данное обстоятельство объясняется мобилизацией труднодоступных форм почвенных фосфатов.

Содержание доступных для растений форм калия, определяемое по методу Чирикова, представлено на рисунке 3.

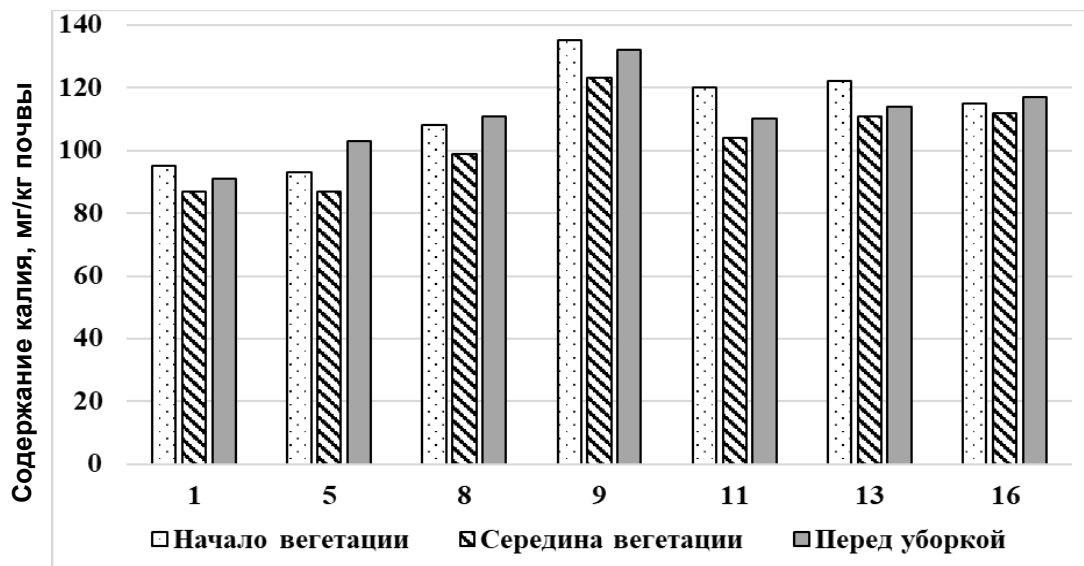


Рис. 3. Динамика содержания подвижного калия в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг (среднее за 2007–2009 гг.), по Чирикову, слой 0–40 см

Из представленных данных видно, что минимальное содержание подвижного калия наблюдалось на контрольном варианте и при внесении только азотно-фосфорных удобрений (варианты 1 и 5). Внесение полного удобрения в различных дозах и последствие навоза увеличивало его на 13–40 мг/кг по отношению к контролю и на 15–43 мг/кг – к варианту  $N_{90}P_{90}$ . Наибольшее среди изучаемых вариантов содержание подвижного калия отмечалось в случае внесения  $N_{180}P_{180}K_{180}$ .

К середине вегетации содержание подвижного калия уменьшалось на 3–16 мг/кг, но к моменту уборки сахарной свеклы по всем изучаемым вариантам наблюдалось его увеличение на 3–16 мг/кг почвы. На наш взгляд, это связано с тем, что при определении подвижных форм калия по методу Чирикова устанавливается содержание водорастворимой формы калия и только части обменной. Весь обменный калий не учитывается. Кроме того, не следует пренебрегать и необменным калием, который играет существенную роль в питании растений [13].

Определение подвижного калия по методу Чирикова, хотя и характеризует обеспеченность растений калием, но не может в полной мере отразить калийного состояния почвы, что в итоге может привести к неверным выводам. Поэтому при характеристике калийного режима почвы необходимо иметь представление о содержании обменного и необменного калия.

Все изучаемые дозы удобрений оказывали влияние на урожайность сахарной свеклы (табл. 3). В среднем за три года ее минимальная в опыте величина была получена на контрольном варианте – 248,6 ц/га. Внесение азотно-фосфорных удобрений и последствие 30 т/га навоза оказывало примерно одинаковое влияние на урожайность корнеплодов. В среднем за три года прибавки урожая к контролю на этих вариантах опыта составляли 84,4 и 98,2 ц/га.

Таблица 3. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы, 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка урожая	
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Средняя	ц/га	%
1. Контроль, без удобрений	282,8	277,8	185,2	248,6	–	–
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	363,9	353,3	281,8	333,0	84,4	34,0
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	377,8	415,6	294,7	362,7	114,1	45,9
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	438,3	517,8	363,9	440,0	191,4	77,0
11. Последствие 30 т/га навоза	330,6	420,0	289,9	346,8	98,2	39,5
13. Последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	382,8	431,1	278,6	364,2	115,6	46,5
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	377,2	437,8	286,6	367,2	118,6	47,7
Sx, %	1,9	4,4	4,5	–	–	–
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га	20,0	50,9	36,4	–	–	–

Внесение полного минерального удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> способствовало получению 362,7 ц/га корнеплодов. Применение этой же дозы удобрений на фоне последствия навоза (вариант 13) не приводило к существенному увеличению урожайности, как и внесение N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub>. При использовании двойной дозы минеральных удобрений (N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>) урожайность сахарной свеклы повышалась на 191,4 ц/га по отношению к контролю и на 77,3 ц/га по отношению к варианту с использованием N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, достигая максимальной в опыте величины – 440,0 ц/га.

Содержание сахара в корнеплодах зависело от дозы вносимых удобрений и урожайности культуры (табл. 4). В среднем за три года наибольшую в опыте величину оно принимало на контрольном варианте. При внесении только азотно-фосфорных удобрений по 90 кг/га содержание сахара было ниже, чем на контроле на 1,0%, но при внесении полного минерального удобрения в такой же дозе (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) оно всего лишь на 0,4% уступало контролю.

Таблица 4. Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и его сбор с 1 га, 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Сбор сахара, ц/га	Прибавка урожая	
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее		ц/га	%
1. Контроль, без удобрений	16,8	17,3	18,7	17,6	43,8	–	–
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	16,1	15,6	18,2	16,6	55,4	11,6	26,5
8. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	16,3	16,8	18,5	17,2	62,4	18,6	42,4
9. N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	15,7	15,9	17,6	16,4	72,2	28,4	64,7
11. Последствие 30 т/га навоза	16,6	16,5	18,5	17,2	59,6	15,8	36,2
13. Последствие 30 т/га навоза + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	15,8	16,3	18,5	16,9	61,4	17,6	40,2
16. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	16,2	15,8	18,4	16,8	61,7	17,9	40,8

С увеличением дозы удобрений содержание сахара в корнеплодах уменьшалось. Это объясняется «эффектом разбавления» – когда за счет увеличения массы и размера корнеплода содержание сахара становится меньше. Несмотря на это наибольший сбор сахара получен на варианте с самой высокой урожайностью – N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> – 72,2 ц/га. На вариантах с внесением только N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> на фоне последствия навоза сбор сахара был практически одинаковым – соответственно 62,4 и 61,4 ц/га. Не приводило к существенному его увеличению, по сравнению с вариантом 8, и повышение дозы калийных удобрений до 180 кг/га на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> (вариант 16).

Стоит отметить, что все изучаемые варианты опыта обеспечивали прибавки сбора сахара по отношению к контролю, которые изменялись от 11,6 до 28,4 ц/га.

## Выводы

Многолетнее использование чернозема типичного привело к существенному изменению его физико-химических свойств. Наблюдалось снижение величины обменной кислотности с 6,0 до 5,1–5,4 ед. рН<sub>KCl</sub>, увеличение гидролитической – с 4,0 до 4,8–5,0 мг-экв/100 г почвы, снижение содержания обменных оснований – с 41,1 до 32,9–36,0 мг-экв/100 г почвы. Почва по степени кислотности переходила в класс слабокислой.

Использование всех видов удобрений повышало обеспеченность почвы элементами питания. Наиболее эффективными в этом отношении были варианты с внесением самых высоких доз минеральных и органических удобрений – N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> (вариант 9) и вследствие 30 т/га навоза + N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (вариант 13).

Во все годы исследований были получены достоверные по отношению к контролю прибавки урожая. В среднем за 2007–2009 гг. они составляли 84,4–191,4 ц/га. Наибольшую эффективность в опыте показал вариант 9 (N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>) с урожайностью корнеплодов 440 ц/га и сбором сахара 72,2 ц/га.

## Список источников

1. Алексеенкова Е. Сахарная свекла: в поисках рентабельности // *АгроФорум*. 2020. № 1. С. 48–50.
2. Гасанова Е.С., Кожокина А.Н., Мязин Н.Г. и др. Изменение показателей ППК и гумусного состояния чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и известковании // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 11, № 4 (59). С. 13–21.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Дроздова В.В. Питательный режим чернозема выщелоченного, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от вносимых удобрений // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы IX Всероссийской конференции молодых ученых*. Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2016. С. 23–24.
5. Минакова О.А., Александрова Л.В. Изменение плодородия выщелоченного чернозема и продуктивности культур в зерносвекловичном севообороте Центрально-Черноземного региона при длительном применении удобрений // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2008. № 3. С. 36–38.
6. Минакова О.А., Громовик А.И. Трансформация гумусного состояния чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений // *Сахарная свекла*. 2008. № 9. С. 19–20.
7. Минакова О.А., Тамбовцева Л.В., Александрова Л.В. Продуктивность сахарной свеклы на различных фонах основной удобрения при применении корневых и некорневых подкормок // *Агрохимия*. 2013. № 9. С. 40–47.
8. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. Практикум по агрохимии. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
9. Муха В.Д., Лазарев В.И. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании // *Агрохимия*. 2003. № 1. С. 5–7.
10. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., Столповский Ю.И., Подрезов П.И. Пищевой режим чернозема выщелоченного под свеклой сахарной в зависимости от доз минеральных удобрений // *Аграрная наука*. 2017. № 9–10. С. 14–16.
11. Невзоров А.И., Арькова Ж.А., Круглов Н.М. Влияние различного уровня минерального питания на урожайность сахарной свеклы в Тамбовской области // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2020. № 3. С. 114–119.
12. Посевная компания сахарной свеклы по областям. URL: <https://sugar.ru/node/35465> 9 (дата обращения: 12.11.2021).
13. Прокошев В.В., Дерюгин И.П., Носов В.В. Методы оценки калийного состояния почв и их практическое значение // *Научное обеспечение и совершенствование методологии агрохимического обслуживания земледелия страны: материалы международной научно-практической конференции*. Москва: ЦИНАО, 1999. С. 248–256.
14. Чернеливская Е.А., Деркач В.С., Дзюбенко И.Н. Влияние системы удобрения и способов обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность выращивания свеклы сахарной // *Știința Agricolă*. 2016. № 1. С. 36–40.
15. Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А. и др. Сахарная свекла. Минск: ФУФинформ, 2000. 258 с.

## References

1. Alekseenkova E. Sakharnaya svekla: v poiskakh rentabel'nosti [Sugar beet: in search of profitability]. *AgroForum = AgroForum*. 2020;1:48-50. (In Russ.).
2. Gasanova E.S., Kozhokina A.N, Myazin N.G., et al. Izmenenie pokazatelej PPK i gumusnogo sostoyaniya chernozema vyshchelochennogo pri mnogoletnem vnesenii udobrenij i izvestkovanii [Changes in the parameters of soil adsorption complex and humus state of leached chernozem under the conditions of the long-term application of fertilizers and lime treatment. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018;4(59):13-21. (In Russ.).
3. Dospekhov B. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments). Moscow: Agropromizdat Press; 1985. 351 p. (in Russ.).



4. Drozdova V.V. Pitatel'nyj rezhim chernozema vshchelochennogo, urozhajnost' i kachestvo korneplodov sakharnoj svekly v zavisimosti ot vnosimykh udobrenij [Nutritional regime of leached chernozem, yield and quality of sugar beet root crops depending on the applied fertilizers]. Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: materialy IX Vserossijskoj konferentsii molodykh uchenykh [Scientific support of the Agro-Industrial Complex: proceedings of the IX All-Russian Conference of Young Scientists]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2016: 23-24. (In Russ.).

5. Minakova O.A., Aleksandrova L.V. Izmenenie plodorodija vshchelochennogo chernozema i produktivnosti kul'tur v zernosvekl'ovom sevooborote Central'no-Chernozemnogo regiona pri dlitel'nom primenenii udobrenij [Changes in the fertility of leached chernozem and crop productivity in the grain-beet crop rotation of the Central Chernozem Region during prolonged use of fertilizers]. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk = Russian Agricultural Sciences*. 2008;(3):36-38. (In Russ.).

6. Minakova O.A., Gromovik A.I. Transformacija gumusnogo sostoyaniya chernozema vshchelochennogo pri dlitel'nom primenenii udobrenij [Transformation of the humus state of leached chernozem during prolonged use of fertilizers]. *Sakharnaya svekla = Sugar Beet*. 2008;(9):19-20. (In Russ.).

7. Minakova O.A., Tambovtseva L.V., Aleksandrova L.V. Produktivnost' sakharnoj svekly na razlichnykh fonakh osnovnoj udobrennosti pri primenenii kornevykh i nekornevykh podkormok [Effect of root and foliar side-dressing in combination with basic fertilization on sugar beet productivity]. *Agrokimiya = Agrochemistry*. 2013;(9):40-47. (In Russ.).

8. Mineev V.G., Sychev V.G., Amelianchik O.A. Praktikum po agrokhimii [Practical Course on Agrochemistry]. Moscow: Moscow State University Press; 2001. 689 p. (In Russ.).

9. Mukha V.D., Lazarev V.I. Izmenenie fiziko-khimicheskikh svoystv chernozema tipichnogo pri ego dlitel'nom sel'skokhozyajstvennom ispol'zovanii [Changes in the physicochemical properties of typical chernozem during its long-term agricultural use]. *Agrokimiya = Agrochemistry*. 2003;(1):5-7. (In Russ.).

10. Myazin N.G., Kozhokina A.N., Stolpovskij Yu.I., Podrezov P.I. Pishchevoj rezhim chernozema vshchelochennogo pod svekloj sakharnoj v zavisimosti ot doz mineral'nykh udobrenij [Nutrient status of leached chernozem under sugar beet depending on doses of mineral fertilizers]. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*. 2017;(9-10):14-16. (In Russ.).

11. Nevzorov A.I., Ar'kova Zh.A., Kruglov N.M. Vliyanie razlichnogo urovnya mineral'nogo pitaniya na urozhajnost' sakharnoj svekly v Tambovskoj oblasti [Influence of different levels of mineral nutrition on sugar beet yield in the Tambov region]. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya = Technologies for the food and processing industry of AIC - healthy food*. 2020;(3):114-119. (In Russ.).

12. Posevnaya kompaniya sakharnoj svekly po oblastyam [Sugar beet sowing company by regions]. URL: <https://sugar.ru/node/35465> 9. (In Russ.).

13. Prokoshin V.V., Deryugin I.P., Nosov V.V. Metody otsenki kaliynogo sostoyaniya pochv i ikh prakticheskoe znachenie [Methods of assessing the potash state of soils and their practical significance]. Nauchnoe obespechenie i sovershenstvovanie metodologii agrokhimicheskogo obsluzhivaniya zemledeliya strany: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Scientific support and improvement of the methodology of agrochemical service of agriculture of the country: proceedings of the international scientific and practical conference]. Moscow: TSINAO Press; 1999:248-256. (In Russ.).

14. Chernelivskaya E.A., Derkach V.S., Dzyubenko I.N. Vliyanie sistemy udobreniya i sposobov obrabotki pochvy na urozhajnost' i ekonomicheskuyu effektivnost' vyrashchivaniya svekly sakharnoj [The influence of various fertilization methods and tillage systems on the productivity and economic efficiency of sugar beet growing]. *Știința Agricolă = Agricultural Science*. 2016;(1):36-40. (In Russ.).

15. Shpaar D., Dreger D., Zakharenko A., et al. Sakharnaya svekla [Sugar beet]. Minsk: FUFinform Press; 2000. 258 p. (In Russ.).

---

---

**Информация об авторах**

П.И. Подрезов – старший преподаватель кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [pipodrezov@mail.ru](mailto:pipodrezov@mail.ru).

Н.Г. Мязин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [agrohimi@agronomy.vsau.ru](mailto:agrohimi@agronomy.vsau.ru).

А.Н. Кожокина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [annakozh27@yandex.ru](mailto:annakozh27@yandex.ru).

**Information about the authors**

P.I. Podrezov, Senior Lecturer, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [pipodrezov@mail.ru](mailto:pipodrezov@mail.ru).

N.G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [agrohimi@agronomy.vsau.ru](mailto:agrohimi@agronomy.vsau.ru).

A.N. Kozhokina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [annakozh27@yandex.ru](mailto:annakozh27@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 03.11.2021; одобрена после рецензирования 12.12.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 03.11.2021; approved after revision 12.12.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., 2021