

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ УРОЖАЙНОСТИ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА ПРИ КРАТКОСРОЧНОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УДОБРЕНИЙ В ЦЧР

О.А. Минакова, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»
e:mail: olalmin2@rambler.ru

Аннотация. Исследования проводили в стационарном опыте по внесению удобрений (год закладки – 1936) (пос. Рамонь, Воронежская обл.). Для изучения динамики урожайности сельхозкультур использованы данные 1 ротации зерносвекловичного севооборота (1936–1945 гг.) и 10 ротации (2018–2022 гг.). Установлено, что более чем 80-летнее использование удобрений в севообороте в наибольшей степени увеличивало урожайность зерна ячменя и овса (на 11,3–50,1 и 4,0–51,2 % соответственно), немного меньше – корнеплодов сахарной свеклы и зерна озимой пшеницы (на 15,0–36,7 и 13,4–30,6 % соответственно), уменьшало урожайность зеленой массы клевера. При этом произошел рост урожайности побочной продукции всех культур на 6,1–23,0 %, а продуктивность 1 га удобренной пашни (за вычетом роста урожайности вследствие возделывания более продуктивных современных сортов и гибридов) возросла на 6,87–23,0 %. Наивысший уровень продуктивности севооборота обеспечивается при длительном использовании системы удобрений с насыщенностью 1 га пашни $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза, что достигается двукратным их применением в течении ротации $N_{135}P_{135}K_{135}$ под сахарную свеклу в сочетании с однократным использованием 25 т/га навоза в пару.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, урожайность, сахарная свекла, зерновые, продуктивность 1 га пашни.

Введение. Многочисленными исследованиями доказано, что удобрения являются высокоэффективным средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивающим 30 % и более прироста выращенной продукции [2, 4, 5, 8, 12].

Урожайность большинства сельхозкультур связана с уровнем их удобренности. Так, если в 2011–2015 гг. под зерновые вносили 41 кг д.в. NPK, то в 2016–2020 гг. – 76 кг, при этом урожайность возросла с 22,1 до 27,2 ц/га. Рост удобренности посевов сахарной свеклы с 262 до 304 кг д.в. NPK способствовал повышению ее урожайности с 40,0 до 42,9 т/га [9, 10].

Рациональное и безопасное применение минеральных удобрений позволит приостановить истощение почв и повысить продуктивность культур до уровня, при котором станет возможным отказ от импорта продовольствия [6].

Для определения воздействия удобрений на почвенное плодородие и продуктивность агроценозов служат опыты Географической сети, которые позволяют выявить эффективность использования агрохимических средств в разных почвенно-климатических зонах страны [1]. Исследованиями в стационарных опытах установлено, что на черноземах Предкавказья наибольшие прибавки урожая сахарной свеклы получены от полного удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$, а в ЦЧР – $N_{90-135}P_{90-135}K_{90-135}$; росту урожайности также способствует использование навоза в севообороте [2, 7, 11].

Продуктивность 1 га пашни – интегральный показатель эффективности действия различных агроприемов, в том числе и систем удобрения. Органоминеральные системы не только способствуют сохранению плодородия, но и значительно увеличивают продуктивность пашни [3].

Условия и методика. Исследования проводили в стационарном опыте по внесению удобрений (год закладки – 1936, место – пос. Рамонь, Воронежская область). Для изучения динамики урожайности культур были использованы данные, полученные в 1 ротации зерносвекловичного севооборота (1936–1945 гг.) и в 10 ротации (2018–2022 гг.). Севооборот имел следующее чередование культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера – клевер одного года использования – озимая пшеница – сахарная свекла – однолетние травы (травосмесь горох + овес) – овес.

Схема опыта (насыщенность 1 га площади севооборота): контроль (без удобрений); $N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза; $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза; $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза; $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза. Уровни удобренности создавались путем внесения минеральных удобрений под сахарную свеклу 2 раза за ротацию и навоза в черном пару – 1 раз за ротацию. Возделывали районированные сорта и гибриды культур отечественной селекции.

Учет урожайности основной и побочной продукции культур производили методом пробных площадок

Таблица 1. Урожайность культур севооборота (основная продукция), 1 ротация (1936–1945 гг.), т/га

Вариант	Сахарная свекла (корнеплоды)	Ячмень (зерно)	Озимая пшеница (зерно)	Овес (зерно)	Клевер (зеленая масса)
Без удобрений	23,9	1,59	2,44	1,80	34,7
$N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза	26,0	1,64	2,82	1,93	35,3
$N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза	26,6	1,86	2,84	2,01	36,0
$N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза	26,8	1,84	2,88	2,07	32,7
$N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза	24,9	1,71	2,86	1,65	36,7
НСП ₀₅	1,24	0,08	0,13	0,09	-

(с площади 16,2 м² – зерновые и клевер, 10,8 м² – сахарная свекла) с пересчетом на 1 га, продуктивность 1 га пашни – расчетным методом. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову (1985).

Результаты и обсуждение. В 1 ротации севооборота урожайность корнеплодов сахарной свеклы в удобренных вариантах незначительно отличалась от показателя контрольного варианта: прибавки составили 1,0–2,9 т/га, или 4,18–12,1 % (табл. 1). Наибольшую продуктивность культуры отмечали в варианте с максимальной насыщенностью NPK ($N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза), наименьшую – с минимальной ($N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза). Последствие удобрений проявилось в повышении урожайности зерна ячменя относительно контроля на 0,12–0,27 т/га, или на 7,55–17,0 %; озимой пшеницы – на 0,38–0,44 т/га (на 15,6–18,0 %); овса – на 0,13–0,27 т/га (7,22–15,0 %), при этом в варианте $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза изменений не отмечалось. У клевера последствие удобрений не наблюдали, кроме небольшого увеличения урожайности на 1,3–2,0 т/га в вариантах $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза и $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза.

Продуктивность 1 га удобренной пашни в 1 ротации возросла относительно контрольного варианта на 0,43–0,61 т/га зерн. ед. (на 13,4–19,0 %). Наибольшей она была в вариантах $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза и $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза.

Влияние удобренности в 10 ротации проявилось в повышении урожайности зерна озимой пшеницы

Таблица 2. Урожайность культур севооборота (основная продукция), 10 ротация (2018–2022 гг.), т/га

Вариант	Сахарная свекла (корнеплоды)	Ячмень (зерно)	Озимая пшеница (зерно)	Овес (зерно)	Клевер (зеленая масса)
Без удобрений	32,6	2,08	2,89	2,10	25,1
$N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза	39,4	2,33	3,37	2,33	27,9
$N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза	43,9	3,06	3,81	2,70	30,1
$N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза	43,6	3,33	4,29	2,84	31,1
$N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза	43,1	2,75	3,77	2,77	29,6
НСП ₀₅	2,0	0,15	0,17	0,12	1,5

относительно контроля на 0,48–1,40 т/га (16,6–48,4 %) (табл. 2), ячменя – на 0,25–1,25 т/га (12,0–60,1 %), овса – на 0,23–0,74 т/га (на 11,0–35,2 %), зеленой массы клевера – на 2,8–6,0 т/га (11,2–23,9 %), корнеплодов сахарной свеклы – на 6,8–11,0 т/га (на 20,9–34,7 %). Система удобрений в составе $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза обеспечивала наибольшую урожайность большинства культур.

Установлено, что с 1 по 10 ротацию произошло повышение урожайности всех изученных культур севооборота (кроме зеленой

массы клевера) как в контрольном варианте, что связано с возделыванием современных более продуктивных сортов, так и при использовании удобрений, что объясняется повышением почвенного плодородия. Без учета увеличения урожайности в контроле в 10 ротации по сравнению с 1 ротацией было собрано на 4,7–9,5 т/га (на 15,1–36,7 %) больше корнеплодов сахарной свеклы, зерна ячменя – на 0,20–1,00 т/га (на 11,3–60,2 %), озимой пшеницы – на 0,46–0,96 т/га (на 13,4–30,6 %), овса – на 0,39–0,82 т/га (на 4,0–51,2 %). Наиболее продуктивными были варианты $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза (по ячменю и озимой пшенице) и $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза (по сахарной свекле и овсу). Урожайность клевера снижалась как в контроле (на 7,5 т/га), так и в вариантах с удобрениями (на 11,5–13,8 т/га), что, возможно, связано с изменением микробного ценоза почвы в севообороте с сахарной свеклой. Удобрения усиливали этот процесс.

При краткосрочном применении удобрений урожайность листьев сахарной свеклы увеличивалась относительно контроля на 4,2–6,7 т/га (на 21,0–33,5 %) (табл. 3), соломы озимой пшеницы – на 0,82–1,15 т/га (на 19,5–27,4 %), соломы овса – на 0,41–0,66 т/га (на 15,5–25,0 %), ячменя – на 0,57–1,03 т/га (21,2–38,3 %). Все дозы удобрений повышали данный показатель: на сахарной свекле и озимой пшенице более всего в варианте $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза, овсе и ячмене – $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза.

При длительном использовании удобрений урожайность листьев сахарной свеклы увеличивалась на 4,8–6,3 т/га или на 46,1–60,6 % (табл. 4), соломы озимой пшеницы – на 0,19–1,40 т/га (8,92–65,7 %), ячменя – на 0,38–1,40 т/га (17,7–65,1 %), овса – на 0,15–0,85 т/га (9,74–55,2 %). Наибольший урожай побочной продукции с 1 га получали в варианте $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза, соломы ячменя – также и в $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза, наименьший – $N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза.

Урожайность побочной продукции культур севооборота с увеличением длительности использования удобрений значительно снизилась, что в основном связано с возделыва-

нием современных сортов и гибридов с большей долей основной продукции в урожае. Установлено, что в 10 ротации относительно первой с 1 га было убрано на 8,9–10,8 т/га меньше листьев сахарной свеклы, на 1,56–2,99 т/га – соломы озимой пшеницы, на 0,22–1,00 т/га – соломы ячменя и на 0,91–1,55 т/га – соломы овса. При этом в контрольном варианте в большинстве случаев снижение было более значительным, чем в вариантах с применением удобрений, что свидетельствует о том, что эффект удобрений со временем проявился в некотором повышении доли побочной продукции в общей массе урожая. Наиболее значительное снижение урожайности побочной продукции во времени отмечали на ячмене (на 14,2–23,0 %), несколько меньше – на сахарной свекле и овсе (на 7,6–13,2 % и 6,1–14,1 % соответственно). На озимой пшенице в большинстве вариантов отмечено сокращение показателя на 3,8–10,3 % относительно контроля (кроме варианта $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза, где повышение составило 18,7 %).

Соотношение побочной продукции к основной от 1 к 10 ротации снизилось: на сахарной свекле – на 0,52–0,68 (рис. 1), ячмене – на 0,66–1,15, озимой пшенице – на 0,95–1,20, овсе – на 0,74–1,16. В контроле от 1 к 10 ротации было отмечено увеличение доли основной продукции, а в удобренных вариантах оно было ниже (на сахарной свекле – на 0,02–0,16, озимой пшенице – 0,20–0,24, ячмене – 0,03–0,49, овсе – 0,03–0,42) вследствие того, что удобрения увеличивали урожайность основной продукции в большей степени, чем побочной. Более серьезный рост показателя на ячмене и овсе свидетельствовал о наибольшем влиянии удобренности на долю побочной продукции в урожае этих культур с течением времени.

Продуктивность 1 га удобренной пашни в 1 ротации возросла относительно контроля на 0,43–0,61 т/га зерн. ед. (на 13,4–19,0 %). Наибольшей она была в вариантах $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза и $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза. В 10 ротации продуктивность была выше контрольного варианта на 0,68–1,49 т/га зерн. ед. или на 16,3–35,7 %, наибольший показатель установлен в варианте $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза. С 1 по 10 ротацию продуктивность 1 га пашни (без учета повышения в контроле на 0,96 т/га зерн. ед. вследствие возделывания высокопродуктивных сортов) возросла на 0,25–0,88 т/га зерн. ед. (на 6,87–23,0 %), наибольшую продуктивность обеспечивали

Таблица 3. Урожайность побочной продукции культур в 1 ротации, т/га

Вариант	Сахарная свекла	Озимая пшеница	Ячмень	Овес
	листья	солома		
Контроль	20,0	4,20	2,69	2,64
$N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза	24,2	5,02	3,26	3,05
$N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза	25,3	5,20	3,45	3,24
$N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза	25,6	5,09	3,72	3,30
$N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза	26,7	5,35	3,65	3,12
HCP ₀₅	1,12	0,22	0,16	0,14

Таблица 4. Урожайность побочной продукции культур в севообороте, 10 ротация, т/га

Вариант	Сахарная свекла	Озимая пшеница	Ячмень	Овес
	листья	солома		
Без удобрений	10,4	2,13	2,15	1,54
$N_{10}P_{10}K_{10} + 2,8$ т/га навоза	15,2	2,03	2,53	1,89
$N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза	16,2	2,32	3,55	1,69
$N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза	16,7	3,53	3,50	2,39
$N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза	15,9	2,51	2,68	2,01
HCP ₀₅	0,75	0,14	0,13	0,10

системы $N_{20}P_{20}K_{20} + 2,8$ т/га навоза и $N_{10}P_{10}K_{10} + 5,6$ т/га навоза.

Выводы. Использование в зерносвекловичном севообороте удобрений более 80 лет в наибольшей степени повышало урожайность зерна ячменя (на 11,3–50,1 %) и овса (на 4,0–51,2 %), несколько менее – корнеплодов сахарной свеклы (на 15,0–36,7 %) и зерна озимой пшеницы (на 13,4–30,6 %).

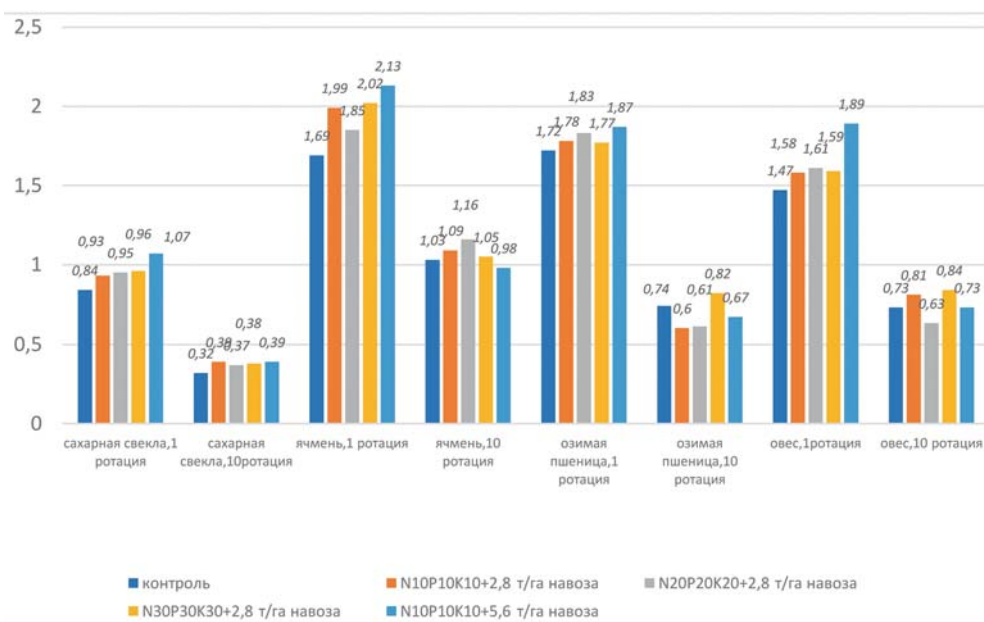


Рисунок 1. Соотношение побочной к основной продукции в 1 и 10 ротациях



Рисунок 2. Производительность 1 га пшеницы, 1 и 10 ротации, зерн. ед. т/га

В варианте без внесения удобрений от 1 к 10 ротации отмечалось сокращение урожайности побочной продукции культур вследствие возделывания современных сортов и гибридов с высокой долей основной продукции в урожае, но без учета этого явления в удобренных вариантах данный показатель повышался (на сахарной свекле, овсе и ячмене — на 7,6–13,2; 6,1–14,1 и 14,2–23,0 % соответственно).

При переходе от краткосрочного к длительному применению удобрений в севообороте снижалось соотношение побочной продукции культур к основной, более всего — на озимой пшенице и овсе, менее всего — на сахарной свекле.

Только за счет роста почвенного плодородия под влиянием удобрений отмечено увеличение продуктивности 1 га пшеницы на 0,25–0,88 т/га зерн. ед. (на 6,87–23,0 %).

Доля побочной продукции в урожае сахарной свеклы и озимой пшеницы от 1 к 10 ротации под влиянием удобрений возрастала в меньшей степени, чем ячменя и овса.

Наибольшая продуктивность севооборота при длительном использовании удобрений достигается при насыщенности 1 га пшеницы $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза (двукратное внесение в ротацию $N_{135}P_{135}K_{135}$ под сахарную свеклу в сочетании с 25 т/га навоза в пару 1 раз в ротацию).

Список использованной литературы

- Беличенко, М.В. Использование результатов длительных полевых опытов с удобрениями для разработки стратегии обеспечения стабильных урожаев / М.В. Беличенко, О.В. Рухович, В.А. Романенков // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями. Мат. Всеросс. совещ. научн. учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. - 2016. - С. 23-27.
- Шеуджен, А.Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Т.Н. Бондарева и др. // Агрохимия. - 2017. - № 5. - С. 3-11.
- Воронин, А.Н. Влияние различных систем земледелия на продуктивность черноземов юго-западной части Центрально-

Черноземной зоны / А.Н. Воронин, В.Д. Соловченко // Плодородие. - 2019. - № 5 (110). - С. 31-33.

- Дмитриев, Н.Н. Систематическое применение удобрений как фактор стабилизации плодородия серых лесных почв и продуктивности зерновых культур в зернопаровом севообороте / Н.Н. Дмитриев, Г.П. Гамзиков // Агрохимия. - 2015. - № 2. - С. 3-12.

- Заришняк, А.С. Влияние систематического внесения удобрений и вида зерносевооборота на продуктивность культур в зоне центральной лесостепи Правобережья Украины / А.С. Заришняк, С.И. Ручкая, Т.В. Колибабчук // Агрохимия. - 2003. - № 5. - С. 30.

- Кудяров, В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации / В.Н. Кудяров // Почвоведение. - 2019. - № 1. - С. 109-121.

- Минакова, О.А. Удобрение сахарной свеклы в Центрально-Черноземном районе РФ / О.А. Минакова, П.А. Косякин, Л.В. Александрова // Агрохимия. - 2022. - № 1. - С. 10-20.

- Ванин, Д.Е. Оценка систем удобрения в зерносевообороте на типичном черноземе Курской области / Д.Е. Ванин, Ю.Д. Ванин, А.А. Мяснянкин и др. // Агрохимия. - 2008. - № 9. - С. 37-44.

- Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб. Росстат. - М., 2021. - 100 с.

- Рынок минеральных удобрений. НИУ ВШЭ. Центр развития. 4 кв. 2015 г. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2015/12/22/1132768850/IV%20%D0%BA%D0%B2%202015.pdf> (дата обращения 11.05.2023 г.).

- Тютюнов, С.И. Урожай сахарной свеклы в зависимости от севооборота, способа основной обработки почвы, доз минеральных и органических удобрений / С.И. Тютюнов, А.С. Цыгуткин, И.В. Логвинов // Российская сельскохозяйственная наука. - 2022. - № 1. - С. 3-7.

- Шаповалова, Н.Н. Последствие 30-летнего применения минеральных удобрений на продуктивность чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья / Н.Н. Шаповалова, Е.И. Годунова // Плодородие. - 2019. - №1 (106). - С. 11-14.

Assessment of crop yield dynamics and productivity of grain-beet crop rotation with short-term and long-term use of fertilizers in the Central Black-Earth region

O.A. Minakova

Summary. The research was carried out in a stationary experiment on fertilization (the year of laying — 1936) (Ramon, Voronezh region). To study the dynamics of crop yields, data from 1 rotation of the grain-beet crop rotation (1936–1945) and 10th rotation (2018–2022) were used. It was established that more than 80-year use of fertilizers in a crop rotation improved yield of barley and oats grain (by 11.3–50.1 and 4.0–51.2 %, accordingly) the most greatly, and somewhat less the one of sugar beet roots and winter wheat grain (by 15.0–36.7 and 13.4–30.6 %, accordingly), but it reduced green mass of a clover. In addition, there was an increase of by-products' yield of each crop by 6.1–23.0 %. Productivity of the fertilized arable land per 1 ha for this period increased by 3.30–18.3 % (minus yield improvement due to cultivation of more productive modern varieties and hybrids). The greatest level of crop rotation fertility and productivity under conditions of fertilizer long-term using is ensured when $N30P30K30+2.8$ m t/ha of manure is applied per 1 ha. This is achieved by twice application of $N135P135K135$ for sugar beet during crop rotation in combination with one application of 25 t/ha of manure in fallow.

Key words: fertilizers, crop rotation, yield, sugar beet, cereals, productivity of 1 hectare of arable land.