

КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ NPK ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПОЧВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ В ПАРОВОМ И КЛЕВЕРНОМ ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА В ЦЧР

© 2021 г. О. А. Минакова^{1,*}, Л. В. Александрова¹, Т. Н. Подвигина¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, пос. ВНИИСС, 86, Россия*

**E-mail: olalmin2@rambler.ru*

Поступила в редакцию 15.09.2020 г.

После доработки 17.11.2020 г.

Принята к публикации 11.01.2021 г.

В паровом звене севооборота отмечено более полное использование сахарной свеклой P_2O_5 и K_2O минеральных удобрений, в клеверном звене – N. Более интенсивное потребление NPK почвы и удобрений культурой в звене с клевером выявлено при применении $N45P45K45$ + навоз 50 т/га в пару и $N120P120K120$ + навоз 50 т/га в пару. В звене с паром подобное действие оказывали системы $N120P120K120$ + навоз 50 т/га и $N135P135K135$ + навоз 25 т/га. Возврат азота в агроэкосистему под действием удобрений в паровом звене был больше на 21.8–164, P_2O_5 – на 5.37–77.9, K_2O – на 4.12–35.0%, чем в клеверном. Дозы $N135P135K135$ + навоз 25 т/га, $N190P190K190$ и $N120P120K120$ + навоз 50 т/га способствовали полному возврату N и P_2O_5 в обоих звеньях.

Ключевые слова: удобрения, сахарная свекла, коэффициент использования NPK из почвы, коэффициент использования NPK из удобрений, звено севооборота, пар, клевер, вынос.

DOI: 10.31857/S0002188121040104

ВВЕДЕНИЕ

Возделывание сахарной свеклы как рентабельной высокопродуктивной культуры сопряжено с применением большого количества удобрений [1]. Для комплексной оценки эффективности их внесения применяют такие показатели как коэффициенты использования питательных веществ из почвы и минеральных удобрений (КИП и КИУ), а возврат NPK в агроэкосистему оценивают с помощью коэффициента возмещения выноса (КВВ).

Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений, навоза и почвы характеризуют особенности питания сельскохозяйственных культур. На данные показатели значительное влияние оказывают уровень удобрённости севооборотной площади, вид возделываемой культуры, они раскрывают отношение культур к элементам питания и степень их накопления в почве [2]. При исчислении данных показателей производят расчет выноса элементов питания, который учитывает урожайность, содержание сухого вещества и NPK на единицу массы культуры [3].

Сахарная свекла характеризуется невысоким содержанием NPK на единицу сухой массы: азота в корнеплодах содержится 0.8–1.0%, в ботве – 1.75, P_2O_5 – 0.32 и 0.4%, K_2O – 2.5 и 1% соответственно, тогда как в зерне озимой пшеницы их содержание более значительно и составляет 2.8, 0.85 и 0.5% соответственно [3, 4]. Но в связи с тем, что урожайность корнеплодов сахарной свеклы высокая (50–60 т/га), вынос N составляет 160–260, P_2O_5 – 48–80 и K_2O – 220–400 кг/га [4, 5]. Улучшение питания культуры способствует увеличению выноса NPK урожаем [6, 7], как вследствие роста урожайности, так и повышения содержания NPK в единице сухого вещества [3, 8–12].

Средний КИП P_2O_5 сахарной свеклой – очень невысокий и составляет 7–10%, K_2O и N – в несколько раз больше (25–30 и 20–25% соответственно), КИУ данной культуры равен 15–20, 50–60 и 50–60% соответственно [12]. Средства химизации изменяют КИП [13]. Возрастающие дозы удобрений способствуют снижению коэффициента использования элементов питания из минеральных удобрений [14, 15].

Важным показателем экологического состояния агроценоза является коэффициент возврата

(возмещения) выноса элементов питания (КВВ) — отношение прихода элементов к их расходу. Если оно >1 , то баланс положительный количественно настолько, насколько $\text{КВВ} > 1.0$, при $\text{КВВ} = 1.0$ — баланс нулевой, при $\text{КВВ} < 1.0$ — баланс отрицательный [16]. Данный показатель также подвержен значительному воздействию уровня удобрённости почвы. В исследованиях [13] он изменялся от 73 до 138%.

Возделывание сахарной свеклы в паровом и травяном звеньях длинно-ротационного севооборота обеспечивает получение разной урожайности корнеплодов [17]. Также возможны отличия в химическом составе сельскохозяйственной продукции вследствие дополнительного поступления азота с пожнивными и корневыми остатками клевера, возделываемого в звене клевер — озимая пшеница — сахарная свекла — однолетние травы — овес.

Цель работы — изучение динамики коэффициентов использования элементов питания из почвы, удобрений и коэффициента возмещения выноса в условиях длительного применения удобрений под сахарную свеклу в звеньях с паром и клевером зернопропашного севооборота в лесостепи ЦЧР.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2009–2017 гг. в стационарном опыте по внесению удобрений, который был заложен в 1936 г. и продолжается по настоящее время. Опыт представляет собой 9-польный зернопаропропашной севооборот. Чередуемость культур в севообороте следующее: черный пар — озимая пшеница — сахарная свекла — ячмень с подсевом клевера — клевер 1-го года пользования — озимая пшеница — сахарная свекла — травосмесь горох + овес — овес на зерно. В 2017 г. закончилась 9-я ротация севооборота.

Климат района исследования — умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, ГТК (гидротермический коэффициент увлажнения по Селянинову) меняется в пределах 0.9–1.3.

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучий тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: содержание гумуса — 4.89–5.61%, N-NO_3^- — 1.39–2.16 мг/100 г почвы, подвижного P_2O_5 — 10.6–18.8 мг/100 г почвы, K_2O — 10.2–15.2 мг/100 г почвы, H_r — 2.8–3.6 ммоль/100 г почвы, pH_{KCl} 4.9–5.4, V — 86–90%.

Минеральные удобрения вносили 2 раза за ротацию только под сахарную свеклу, навоз — 1 раз

за ротацию в черном пару, остальные культуры использовали последствие удобрений.

Изучали влияние последствия удобрений на урожайность культур в вариантах $\text{N45P45K45} +$ + навоз 25 т/га в пару, $\text{N90P90K90} +$ + навоз 25 т/га в пару, $\text{N135P135K135} +$ + навоз 25 т/га в пару, $\text{N45P45K45} +$ + навоз 50 т/га в пару, $\text{N120P120K120} +$ + навоз 50 т/га в пару, N190P190K190 и в контроле без удобрений. Определение урожайности сахарной свеклы производили методом пробных площадок в 3-х повторностях, посевная площадь делянки — 131.2 м², учетная — 10.8 м². Содержание NPK в сахарной свекле определяли по Куркаеву, вынос NPK, КИП, КИУ и КВВ — расчетным методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что вынос N основной и побочной продукцией сахарной свеклы (корнеплодами и ботвой) в паровом звене составил 78.9–145, в клеверном — 88.5–145 кг/га, действие удобрений проявилось в повышении данного показателя относительно контроля на 30.1–83.3 и 25.4–63.8% соответственно (табл. 1). Наибольший вынос в обоих звеньях отмечен под влиянием системы удобрения $\text{N135P135K135} +$ + навоз 25 т/га, также в паровом звене — в варианте $\text{N120P120K120} +$ + навоз 50 т/га, в клеверном звене — в варианте N190P190K190 . На 8.08–12.2% больший вынос в звене с клевером (относительно парового звена) обеспечивался в контроле, при внесении $\text{N45P45K45} +$ + навоз 25 т/га и $\text{N45P45K45} +$ + навоз 50 т/га, в звене с паром — на 5.93% (относительно клеверного) — в варианте N190P190K190 .

Вынос P_2O_5 основной и побочной продукцией сахарной свеклы в паровом звене составил 46.7–104, в клеверном — 53.6–96.5 кг/га, действие удобрений проявилось в повышении данного показателя относительно контроля на 48.4–122 и 24.8–80.0% соответственно. Наибольший вынос фосфора в обоих звеньях отмечен при внесении $\text{N135P135K135} +$ + навоз 25 т/га и N190P190K190 . Более высокий, на 14.4–14.8%, вынос P_2O_5 в клеверном звене был в контроле и при внесении $\text{N45P45K45} +$ + навоз 50 т/га, в паровом звене вынос вырос на 14.7% в варианте $\text{N120P120K120} +$ + навоз 50 т/га.

Вынос K_2O основной и побочной продукцией сахарной свеклы в паровом звене составил 166–285, в клеверном — 148–236 кг/га, действие удобрений проявилось в повышении данного показателя относительно контроля на 33.4–72.2 и 26.1–58.7% соответственно. Максимальный вынос в

обоих звеньях отмечался при действии систем удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га и N190P190K190. Более высокий, на 11.6–37.3%, вынос K_2O в большинстве вариантов обеспечивался в звене с паром, дозы N135P135K135 + навоз 25 т/га, N45P45K45 + навоз 25 т/га, N190P190K190 содействовали наибольшему превышению выноса элемента в паровом звене относительно клеверного.

КИП азота под сахарной свеклой в звене с паром составил 97.7–124% (табл. 2), разница в вариантах – 9.93–30.0%, в звене с клевером – 102–132 кг/га и 6.95–21.4% соответственно. Величина КИП азота >100 свидетельствовала о дополнительном поступлении элемента (вследствие нитрификации, при разложении растительных остатков, дегумификации). КИП азота в обоих звеньях был практически сопоставим, кроме вариантов с внесением навоза 50 т/га, а также в контроле, где его превышение в звене с клевером относительно звена с паром составило 22.5–30.4%.

Сопоставление КИП основных элементов питания выявило, что для P_2O_5 почвы он был наиболее низким. В звене с паром он составил 13.4–21.0%, в вариантах с применением удобрений он возрастал на 8.96–56.7% относительно контроля, в звене с клевером КИП данного элемента составил 14.8–19.5%, разница в вариантах опыта – 8.11–32.4%. Увеличение этого показателя относительно контроля на 10.8–17.4% было отмечено только в вариантах с навозом 50 т/га и N190P190K190. В звене с клевером системы удобрения N190P190K190, N135P135K135 + навоз 25 т/га, N45P45K45 + навоз 50 т/га и в контроле обеспечивали более высокий, на 4.84–34.3% КИП P_2O_5 относительно парового звена, а дозы N90P90K90 + навоз 25 т/га и N120P120K120 + навоз 50 т/га – на 13.5–21.6% в звене с паром.

КИП K_2O в звене с паром составил 35.3–55.8%, в звене с клевером – 39.1–47.5%. Действие удобрений значительно повышало данный показатель относительно контроля: в звене с паром – на 10.8–58.1%, в звене с клевером – на 5.88–21.5%, системы N135P135K135 + навоз 25 т/га в пару и N120P120K120 + навоз 50 т/га оказывали наибольшее влияние на увеличение показателя в обоих звеньях, а в звене с паром – также в варианте N190P190K190. В звене с паром отмечен более высокий относительно клеверного звена, на 6.53–34.8% КИП K_2O в вариантах N135P135K135 + навоз 25 т/га, N120P120K120 + навоз 50 т/га и N190P190K190, в звене с клевером относительно парового звена – на 10.8–16.6% в контроле и при внесении N45P45K45 + навоз 25 т/га.

Таблица 1. Вынос NPK сахарной свеклой в звене с паром и в звене с клевером, кг/га

N		P_2O_5		K_2O	
пар	клевер	пар	клевер	пар	клевер
Контроль (без удобрений)					
78.9	88.5	46.7	53.6	166	148
N45P45K45 + навоз 25 т/га					
103	111	69.3	66.9	242	191
N90P90K90 + навоз 25 т/га					
127	129	75.3	77.5	221	192
N135P135K135 + навоз 25 т/га					
147	145	94.9	96.5	285	208
N45P45K45 + навоз 50 т/га					
108	120	73.7	84.3	231	187
N120P120K120 + навоз 50 т/га					
143	145	104	90.7	283	236
N190P190K190					
145	137	92.9	93.7	254	204

Таблица 2. Коэффициент использования элементов питания из почвы сахарной свеклой в звене с паром и в звене с клевером, %

N		P_2O_5		K_2O	
пар	клевер	пар	клевер	пар	клевер
Контроль (без удобрений)					
108	133	13.4	16.7	35.3	39.1
N45P45K45 + навоз 25 т/га					
112	114	16.5	16.0	39.2	45.7
N90P90K90 + навоз 25 т/га					
109	109	18.0	14.8	39.1	40.6
N135P135K135 + навоз 25 т/га					
124	126	15.5	16.5	55.8	41.4
N45P45K45 + навоз 50 т/га					
97.7	127	14.6	19.6	40.5	39.9
N120P120K120 + навоз 50 т/га					
108	132	21.0	18.5	50.6	47.5
N190P190K190					
107	102	18.6	19.5	46.7	38.1

КИУ азота составил в звене с паром 27.5–40.7% (табл. 3), максимальная его величина отмечена в варианте N135P135K135 + навоз 25 т/га, минимальная – в варианте N45P45K45 + навоз 50 т/га. В звене с клевером КИУ азота составил 25.3–69.6%, максимальным он был при применении N45P45K45 + навоз 50 т/га, минимальным – N190P190K190, с увеличением доз удобрений

Таблица 3. Коэффициент использования элементов питания из минеральных удобрений сахарной свеклой в звеньях севооборота, %

N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
пар	клевер	пар	клевер	пар	клевер
N45P45K45 + навоз 25 т/га					
31.2	50.0	39.3	29.6	127.5	95.6
N90P90K90 + навоз 25 т/га					
40.0	45.1	27.9	26.6	52.7	48.0
N135P135K135 + навоз 25 т/га					
40.7	41.9	32.7	31.8	79.8	44.0
N45P45K45 + навоз 50 т/га					
27.5	69.6	38.6	68.2	87.3	86.0
N120P120K120 + навоз 50 т/га					
34.9	46.7	39.5	30.9	78.4	72.6
N190P190K190					
34.6	25.3	24.3	21.1	46.3	29.3

произошло его повышение в паровом звене на 10.9–30.4% (кроме варианта N45P45K45 + навоз 50 т/га, где он снизился на 11.9%). В клеверном звене отмечено снижение этого показателя на 9.8–49.4% (кроме варианта N45P45K45 + навоз 50 т/га, где было отмечено повышение на 39.2%). Разница в вариантах каждого звена в первом случае составила 13.4–48.0 и во втором – 65.6–175% соответственно, а сравнение каждого варианта выявило, что этот показатель был выше в клеверном звене на 2.95–60.3% (кроме варианта N190P190K190). Наиболее высокой разница была при применении N45P45K45 + навоз 50 т/га, наиболее низкой – в варианте N135P135K135 + навоз 25 т/га.

КИУ P₂O₅ в звене с паром составил 24.3–39.5%, максимальной его величина была при применении N120P120K120 + навоз 50 т/га и N45P45K45 + навоз 25 т/га, минимальной – в варианте N190P190K190. В звене с клевером КИУ P₂O₅ был равен 21.1–68.2%, наиболее высоким он был при действии N45P45K45 + навоз 50 т/га, наиболее низким – в варианте N190P190K190. С увеличением доз удобрений произошло его снижение в паровом звене на 16.8–38.2% (кроме вариантов с навозом 50 т/га, где он оставался на уровне контроля). В клеверном звене была отмечена тенденция к его снижению до 28.7%. Только вариант N45P45K45 + навоз 50 т/га обеспечивал значительное повышение показателя на 130%. Разница в вариантах каждого звена составила 14.2–62.5 и 26.1–223% соответственно, а сравнение каждого варианта в разных звеньях выявило,

что этот показатель был больше в паровом звене на 2.83–32.8% (кроме варианта N45P45K45 + навоз 50 т/га). Наиболее значительная разница была отмечена при действии N45P45K45 + навоз 50 т/га, наиболее низкая – в варианте N135P135K135 + навоз 25 т/га.

КИУ K₂O составил в звене с паром 46.3–128, в звене с клевером – 29.3–95.6%, максимальной его величина была при применении N45P45K45 + навоз 25 т/га, минимальной – в варианте N190P190K190 в обоих звеньях. С увеличением доз удобрений произошло его снижение как в паровом, так и клеверном звеньях на 31.5–63.7 и 10.0–69.3% соответственно. Сравнение каждого варианта удобрений в разных звеньях выявило, что этот показатель был больше в паровом звене на 1.51–58.0%, максимальная разница была отмечена в варианте N190P190K190, минимальная – при применении N45P45K45 + навоз 50 т/га.

КВВ в паровом звене составил: N – 0.742–1.31, P₂O₅ – 0.830–2.04 и K₂O – 0.248–0.749, в клеверном звене – 0.376–1.39, 0.534–2.03 и 0.235–0.931 соответственно (табл. 4). Во всех вариантах опыта коэффициент возмещения выноса K₂O в обоих звеньях, N – в клеверном звене, а также P₂O₅ в обоих звеньях при внесении N45P45K45 + навоз 50 т/га и N45P45K45 + навоз 25 т/га не достигал 1, что свидетельствовало о неполноте их возврата в экосистему. Полный возврат с некоторым превышением при внесении большинства доз удобрений отмечался для N в паровом звене, а также для P₂O₅ как в паровом, так и в клеверном звене. Различия КВВ в вариантах в паровом звене были значительно меньше, чем в клеверном звене: для азота они составили 28.2–77.0, для P₂O₅ – 14.6–145, для K₂O – 30.6–131%, тогда как в клеверном звене они были равны 7.72–270, 26.0–202 и 100–296% соответственно. КВВ азота в паровом звене превышал таковой в клеверном звене на 21.8–164, P₂O₅ – на 5.37–77.9, K₂O – на 4.12–35.0 (кроме варианта N190P190K190).

ВЫВОДЫ

1. Более высокий вынос K₂O, в меньшей степени N и P₂O₅ основной и побочной продукцией сахарной свеклы отмечен в паровом звене. Удобрения, примененные в этом звене, способствовали более значительному увеличению выноса NPK, чем в клеверном звене, максимально возрастал вынос P₂O₅ (на 48.4–122 и 24.8–80.0% относительно контроля соответственно), минимально – K₂O (на 33.4–72.2 и 26.1–58.7%).

Таблица 4. Коэффициент возмещения выноса НРК в звеньях зерносвекловичного севооборота

N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
пар	клевер	пар	клевер	пар	клевер
N45P45K45 + навоз 25 т/га					
0.742	0.405	0.830	0.673	0.248	0.235
N90P90K90 + навоз 25 т/га					
0.951	0.697	1.36	1.16	0.475	0.470
N135P135K135 + навоз 25 т/га					
1.13	0.931	1.55	1.40	0.526	0.650
N45P45K45 + навоз 50 т/га					
0.991	0.376	0.950	0.534	0.324	0.240
N120P120K120 + навоз 50 т/га					
1.28	0.830	1.39	1.32	0.530	0.509
N190P190K190					
1.31	1.39	2.04	2.03	0.749	0.931

2. Высокие дозы удобрений (N135P135K135 + навоз 25 т/га, N120P120K120 + навоз 50 т/га и N190P190K190), примененные как в паровом, так и в клеверном звеньях севооборота, способствовали наиболее значительному выносу на вынос N и P₂O₅. В звене с паром системы удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га, N120P120K120 + навоз 50 т/га в большей степени влияли на вынос K₂O, в звене с клевером – системы N135P135K135 + навоз 25 т/га, N120P120K120 + навоз 50 т/га и N190P190K190.

3. Применение удобрений способствовало повышению коэффициенту использования из почвы (КИП) основных элементов питания как в паровом (в большей степени), так и в клеверном звене (в меньшей степени). Сопоставление КИП вариантов удобрения в разных звеньях севооборота не выявило четкой закономерности его изменения, но при этом в клеверном звене был выявлен более высокий КИП азота в контроле, P₂O₅ и K₂O – при применении N45P45K45 + навоз 50 т/га, а в паровом звене система N120P120K120 + навоз 50 т/га обеспечивала наиболее высокий КИП P₂O₅ и K₂O.

4. В клеверном звене отмечено более высокое использование азота минеральных удобрений, но более низкое – P₂O₅ и K₂O по сравнению с паровым звеном. В паровом звене был выявлен более высокий коэффициент использования из удобрений (КИУ) P₂O₅ (кроме варианта N45P45K45 + навоз 50 т/га), чем в клеверном звене (24.3–39.5% и 21.1–31.8% соответственно) и K₂O (46.3–128% и 29.3–95.6% соответственно). Применение

удобрений в паровом звене способствовало меньшему изменению КИУ относительно контроля, чем в клеверном. Более всего изменялась величина КИУ азота, в меньшей степени – P₂O₅. Максимальное использование P₂O₅ и K₂O в паровом звене обеспечивали системы удобрения N45P45K45 + навоз 50 т/га, N120P120K120 + навоз 50 т/га, N – N90P90K90 + навоз 25 т/га и N135P135K135 + навоз 25 т/га, последняя доза также способствовала созданию высокого КИУ K₂O.

5. Величина коэффициента возмещения выноса (КВВ) в паровом звене показала, что возврат азота в экосистему был больше на 21.8–164, P₂O₅ – на 5.37–77.9, K₂O – на 4.12–35.0%, чем в клеверном звене. Системы удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га, N190P190K190 и N120P120K120 + навоз 50 т/га способствовали полному возврату азота и P₂O₅ в обоих звеньях. Разница между удобрениями вариантами в паровом звене в зависимости от величины КВВ была меньше, чем в клеверном звене, что свидетельствовало о более интенсивном пополнении баланса НРК в звене с паром.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзюин Г.П., Дзюин А.Г. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота // *Международ. журн. эксперимент. образования*. 2016. № 5 (Ч. 1). С. 83–90.
2. Шаковец О.Е. Вынос и коэффициенты использования элементов питания озимой ржи при различных системах удобрения // *Почвовед. и агрохим.* 2009. № 2 (43). С. 129–136.
3. Смирнов П.М., Муравин Э.А. *Агрохимия*. М.: Колос, 1977. 240 с.
4. Петербургский А.В. *Агрохимия и физиология питания растений*. М.: Россельхозиздат, 1981. 184 с.
5. Гвоздев Н.В. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Каменная степь, 2005. 24 с.
6. Durrant M.J., Draycott A.P. Uptake of magnesium and other fertilizer elements by sugar beet grown on sandy soils // *J. Agricult. Sci.* 1971. V. 77. Iss. 1. № 8. P. 61–68.
7. Fathy M.F. Abdel-Motagally and Kamal K. Attia. Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil // *Inter. J. Agricult. Biol.* Doi: 09-152/AWB/2009/11-6-695-700
8. Заришняк А.С., Руцкая С.И., Колибабчук Т.В. Влияние удобрений на потребление элементов питания культурами зерносвекловичного севооборота на черноземе оподзоленном // *Агрохимия*. 2003. № 6. С. 39–46.
9. Жердецкий И.Н., Заришняк А.С., Ступенко А.В. Влияние некорневой подкормки микроудобрени-

- ями на продуктивность сахарной свеклы и содержание в ней макроэлементов // *Агрохимия*. 2010. № 10. С. 20–27.
10. Федотова Е.Н., Рысев М.Н. Влияние удобрений на вынос питательных веществ основной и побочной продукцией и коэффициенты использования их из минеральных удобрений // *Изв. Великолукской ГСХА*. 2016. № 2. С. 21–23.
 11. Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Столповский Ю.И. Влияние многолетнего применения удобрений на урожайность корнеплодов и вынос элементов питания сахарной свеклой // *Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения*. Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии. Воронеж: ВоронежГАУ, 2018. С. 174–180.
 12. Гуреев И.И., Агibalов А.В. Производство сахарной свеклы без затрат ручного труда. Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2000. 124 с.
 13. Карабутов А.П., Уваров Г.И., Тютюнов С.И. Влияние агроприемов на режим калия чернозема типичного // *Достиж. науки и техн. АПК*. 2014. № 8. С. 36–38.
 14. Дуйшембиев Н.Д., Ахматбеков М.А., Мамбетов К.М.Ш.Б., Жайнакова Г.Л.Б., Эмил У.У. Коэффициенты использования элементов питания растениями в севообороте, при длительном применении удобрений // *Вестн. Кыргыз. нац. аграрн. ун-та им. К.И. Скрябина*. 2018. № 2(47). С. 51–58.
 15. Плотников А.М., Кабдунова Г.С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений // *Пробл. агрохим. и экол.* 2018. № 1. С. 38–41.
 16. Баланс элементов питания в почвах. [Электр. ресурс]. РГАУ–МСХА, зооинженер. фак-т. <https://www.activestudy.info/balans-elementov-pitaniya-v-pochvax/> (дата обращения 22.07.2020).
 17. Жеряков Е.В. Влияние предшествующей культуры и звена севооборота на засоренность посевов и показатели продуктивности сахарной свеклы // *Пробл. совр. науки и образования*. 2014. № 8 (26). С. 38–41.

Sugar Beet NPK Utilization Ratios from Fertilizers and Soil in Fallow and Clover Links of a Crop Rotation in the Central Black-Earth Region

O. A. Minakova^{a,#}, L. V. Alexandrova^a, and T. N. Podvigina^a

^aA. L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar
p. VNISS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia

[#]E-mail: olalmin2@rambler.ru

More full use of P₂O₅ and K₂O mineral fertilizers by sugar beet was noted in fallow link of a grain–beet crop rotation, and the same was marked for N in clover link. In the link with clover, more intensive use of soil and fertilizers NPK by sugar beet was noted when using the systems of N45P45K45 + manure 50 t/ha in fallow and N120P120K120 + manure 50 t/ha in fallow. In the link with fallow, the systems of N120P120K120 + manure 50 t/ha in fallow and N135P135K135 + manure 25 t/ha in fallow had a similar effect. Under influence of fertilizers, return of nitrogen to agricultural ecological system in the fallow link was by 21.8–164% more than in the clover one. Return of P₂O₅ and K₂O under the same conditions was by 5.37–77.9 and 4.12–35.0% more, correspondingly. The doses of N135P135K135 + manure 25 t/ha and N190P190K190 and N120P120K120 + manure 50 t/ha promoted entire return of N and P₂O₅ in both links.

Key words: fertilizers, sugar beet, NPK utilization ratio from soil, NPK utilization ratio from fertilizers, crop rotation link, fallow, clover, removal.