

УДК 631.452:631.445.152:631.816:631.582:635.1/8.

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ЛУГОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ В ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ

© 2023 г. И. Ю. Васючков<sup>1</sup>, В. А. Борисов<sup>1</sup>, О. Н. Успенская<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства  
140153 Московская обл., Раменский р-н, д. Верея, стр. 500, Россия

\*E-mail: usp-olga@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.10.2022 г.

После доработки 22.11.2022 г.

Принята к публикации 15.12.2022 г.

В лабораторно-полевом опыте, проведенном в климатических условиях Московской обл., установлено, что после 2-х ротаций (6 лет) насыщенного овощного севооборота (капуста белокочанная поздняя—морковь—свекла столовая) на аллювиальной луговой среднесуглинистой почве при ежегодном внесении биокомпоста в дозе 6 т/га (суммарно 18 т/га) произошла стабилизация содержания гумуса в почве, отмечена тенденция к накоплению фракции щелочногидролизуемого азота (+6%) и расходованию подвижных форм фосфора (–4%) и калия (–6%), а также разуплотнению почвы. Использование минеральных удобрений в одинарной и полуторной дозах выявило тенденцию к снижению содержания гумуса в почве (на 3–4%), гидролизуемого азота (на 7–8%) и накоплению подвижных фосфора (на 1–15%) и калия (на 3–22%). Внесение половинной дозы минеральных удобрений привело к ухудшению почвенного плодородия, снижению содержания гумуса (–5%), подвижного фосфора и калия (на 5 и 17%). Чуть более эффективным было внесение ежегодно биокомпоста в дозе 3 т/га. При совместном внесении биокомпоста (6 т/га) и одинарной дозы NPK отмечена стабилизация содержания гумуса в почве на начальном уровне, накопление гидролизуемого азота (на 9%), подвижного фосфора и калия (на 5–6%). За 2 ротации отмечено снижение содержания обменного кальция (на 1–10% от начального уровня) и магния (на 3–11%) и слабое подкисление почвы (снижение  $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$  на 1–2% от начального показателя). Установлено, что средняя продуктивность пашни без применения удобрений составляла 50 т/га, при внесении половинной дозы повышалась на 14, одинарной – на 28, полуторной на –42%, применение биокомпоста в дозах 3 и 6 т/га обеспечивало рост продуктивности на 8–16%. При совместном ежегодном внесении биокомпоста с одинарной дозой NPK средняя продуктивность севооборота повышалась на 26–35%.

*Ключевые слова:* аллювиальная луговая почва, овощной севооборот, минеральные удобрения, органические удобрения, плодородие, гумус, азот, фосфор, калий, кальций, магний, кислотность

DOI: 10.31857/S0002188123030122, EDN: KOFONG

### ВВЕДЕНИЕ

Основным условием стабильного развития агропромышленного комплекса России и источником расширения сельскохозяйственного производства является сохранение, воспроизводство и рациональное использование почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Сохранение и воспроизводство плодородия почв является естественным условием интенсификации земледелия, способствует росту урожаев, увеличивает ценность пашни, имеет природоохранное значение. В последние годы результаты агрохимического обследования почв сельхозугодий выявили 2 основные тенденции в изменении почвенного плодородия [1]: медленное, но постоян-

ное снижение содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия, а также увеличение площади кислых почв, что является следствием недостаточного внесения органических и минеральных удобрений, известковых материалов. Овощные культуры требовательны к плодородию почвы, отличаются чувствительностью к реакции среды и высоким биологическим выносом из почвы [2, 3]. Минеральные и органические удобрения – главный ресурс управления продукционным процессом при применении интенсивных технологий. В литературе уделено мало внимания почвенному плодородию аллювиальных луговых среднесуглинистых почв в овощных севооборотах при разных системах удобрения, можно отметить работы Добровольского [4], Кораблевой [5].

**Таблица 1.** Количество питательных веществ, внесенное с удобрениями

Вариант	Внесено с удобрениями за 2 ротации, кг/га			Соотношение питательных веществ		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без удобрений (контроль)	0	0	0	—	—	—
0.5 NPK	390	220	640	1.77	1.0	2.91
NPK	780	440	1280	1.77	1.0	2.91
1.5 NPK	1170	660	1920	1.77	1.0	2.91
Биокомпост 3 т/га	540	360	360	1.50	1.0	1.00
Биокомпост 6 т/га	1080	720	720	1.50	1.0	1.00
0.5 NPK + биокомпост 3 т/га	930	580	1000	1.60	1.0	1.72
NPK + биокомпост 6 т/га	1860	1160	2000	1.60	1.0	1.72

На аллювиальной луговой почве Быковского расширения поймы р. Москвы (Раменский р-н) исследования ее плодородия проводили во ВНИИ овощеводства (ныне ВНИИО — филиал ФНЦО) [6–8]. Цель работы — изучение изменения основных агрохимических показателей плодородия аллювиальной луговой почвы в чисто овощном севообороте при разных системах удобрения с применением современных органических удобрений — биокомпостов на основе птичьего помета.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено во ВНИИО — филиале ФНЦО в лабораторно-полевом опыте на аллювиальной луговой среднесуглинистой почве поймы р. Москвы Раменского р-на Московской обл. в течение 2-х ротаций (6 лет) овощного севооборота.

Овощные культуры возделывали в интенсивном овощном севообороте с чередованием культур: капуста белокочанная поздняя—морковь—свекла столовая. Возделывание капусты и корнеплодов вели по принятым в хозяйстве технологиям. Густота посадки 40-суточной рассады капусты поздней — 35 тыс. шт./га, посева семян моркови — 1 млн шт./га, свеклы столовой — 0.5 млн шт./га.

Одинарные дозы минеральных удобрений составили: под капусту — N150P100K250, под морковь — N90P60K180, под свеклу — N150P60K210 (табл. 1). Минеральные удобрения в виде аммиачной селитры (34% N), двойного суперфосфата (42% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и хлористого калия (60% K<sub>2</sub>O) и органические в виде биокомпоста с общим содержанием N — 3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O — по 2% вносили весной (2-я декада мая) взбросом, с последующей заделкой культиватором-гребнеобразователем.

Биокомпост в отличие от навоза имеет более низкую влажность (30–40%), высокое содержание основных питательных веществ (3:2:2%) и органического вещества (~30% в пересчете на углерод), не содержит семян сорных растений. Дозы его внесения на порядок меньше, чем при использовании традиционного навоза.

Пробы почвы для анализа отбирали весной (2-я декада мая), до внесения удобрений из пахотного слоя 0–20 см тростевым буром равномерно со всей площади делянки.

Полевые опыты проведены в соответствии с методикой [9]. Агрохимические исследования выполняли общепринятыми методами [10].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание гумуса — основной критерий плодородия почвы. В последние десятилетия, в связи с сокращением внесения органических удобрений, исключением сидеральных культур из севооборотов, наблюдают медленное снижение запасов гумуса в пахотных почвах. В отличие от минеральных удобрений, где пополнение гумуса в почве возможно лишь при увеличении массы пожнивных и корневых остатков вследствие увеличения урожайности культур севооборота, органические удобрения, в частности биокомпосты, содержат в своем составе до 30–40% (в пересчете на углерод) органического вещества и являются дополнительным поставщиком гумуса в почвы. В наших исследованиях (табл. 2) ежегодное внесение биокомпоста в дозе 6 т/га (в сумме 36 т за 2 ротации) позволило стабилизировать содержание гумуса в пахотном слое почвы на уровне 3.13%. Доза биокомпоста 3 т/га ежегодно (в сумме 18 т/га) обеспечила меньший эффект накопления и сохранения гумуса. Минеральные удобрения в разных дозах (половинная, полная, полуторная)

**Таблица 2.** Изменение содержания гумуса, гидролизуемого азота и подвижных фосфора и калия в почве (слой 0–20 см)

Вариант	Обнаружено в почве (слой 0–20 см) после 2-х ротаций (6 лет) овощного севооборота							
	гумус		N <sub>гидр</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	г/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%
Исходное	3.12	100	9.8	100	25.9	100	12.5	100
Без удобрений (контроль)	2.94	94	8.5	87	23.7	92	9.8	78
0.5 NPK	2.95	95	8.8	90	24.5	95	10.4	83
NPK	3.03	97	9.0	92	26.2	101	12.9	103
1.5 NPK	3.00	96	9.1	93	29.8	115	15.2	122
Биокомпост 3 т/га	3.05	98	9.5	97	24.1	93	11.1	89
Биокомпост 6 т/га	3.13	100	10.4	106	24.9	96	11.8	94
0.5 NPK + биокомпост 3 т/га	3.01	96	9.4	96	24.5	95	11.6	93
NPK + биокомпост 6 т/га	3.11	100	10.7	109	27.1	105	13.2	106
HCP <sub>05</sub>	0.14	—	1.6	—	2.2	—	2.5	—

не были способны поддерживать уровень содержания гумуса в почве и лишь замедляли его минерализацию. При этом эффективность совместного внесения органических и минеральных удобрений была больше: в варианте с ежегодным внесением расчетной дозы NPK совместно с биокомпостом в дозе 6 т/га содержание гумуса в почве сохранилось на начальном уровне. Вероятно, при дальнейшем использовании биокомпоста можно будет наблюдать прирост запасов гумуса в почве. Выращивание овощей на полностью неудобренной почве (вариант без удобрений), а также с минимальным их количеством (вариант 1/2 NPK) в максимальной степени ускоряло минерализацию органического вещества почвы.

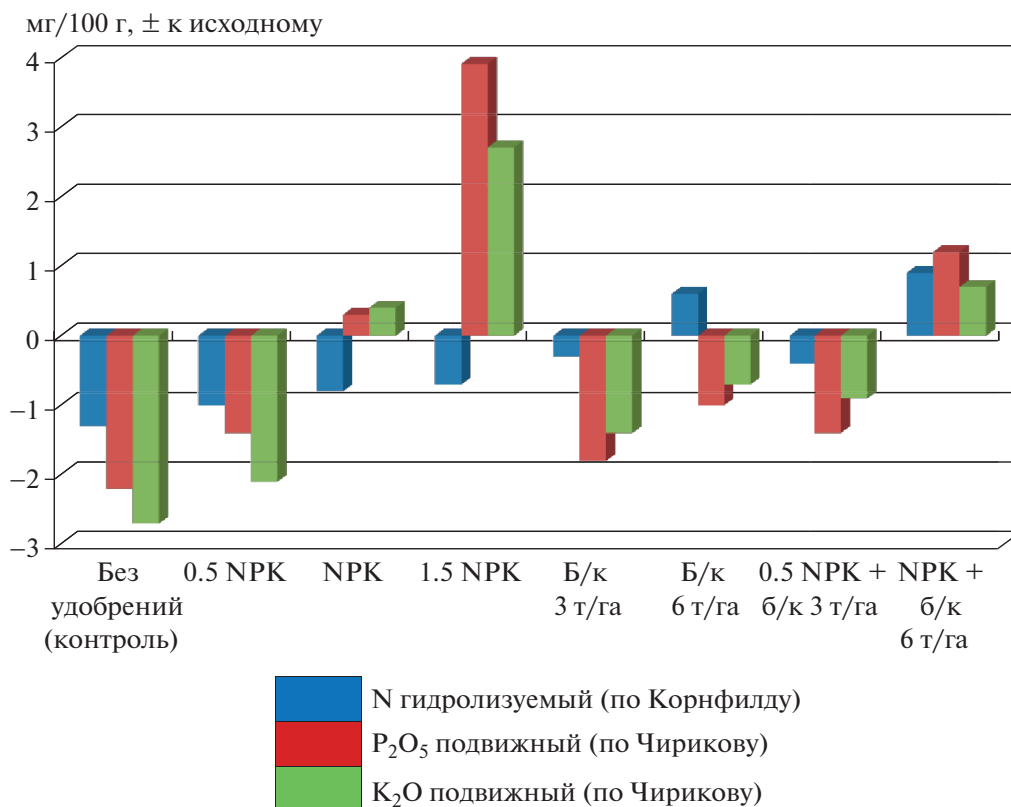
Содержание щелочегидролизуемого азота (по методу Корнфилда) в почве имело тенденцию к увеличению в вариантах с внесением биокомпоста 6 т/га ежегодно – до 9% от начального содержания в почве, что косвенно подтвердило накопление в почве органических веществ; при применении чисто минеральной системы удобрения – снижалось на 7–10%, в том числе и в варианте с полуторной дозой NPK. Для гидролизуемого азота были характерны те же закономерности зависимости от систем удобрения, что и для гумуса.

В Нечерноземной зоне капуста белокочанная потребляет для создания 10 т основной продукции 27 кг N, 7 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 32 кг K<sub>2</sub>O, морковь – 29, 13 и 44 кг, свекла столовая – 47, 18 и 69 кг соответ-

ственно [11]. Таким образом, общий вынос может достигать 300 кг N/га, 100 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га и 400 кг K<sub>2</sub>O/га и более, что требует обязательного восполнения затрат.

Эффективное плодородие почв в отношении фосфора принято характеризовать запасом подвижных форм фосфора, т.е. фосфором почвенного раствора и переходящим в раствор под воздействием слабых кислот или щелочей. Аллювиальная луговая почва характеризуется высоким естественным содержанием подвижного фосфора (по методу Чирикова), поэтому даже после 6-летнего выращивания овощей без внесения удобрений класс почвы по обеспеченности остался на высоком уровне (>20 мг/100 г почвы). Полуторная доза NPK, вносимая ежегодно, обеспечивала накопление подвижного фосфора в почве больше на 15% к начальному содержанию, а расчетная доза стабилизировала содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рис. 1). Применение биокомпоста в дозах 3 и 6 т/га ежегодно показало тенденцию к снижению P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве, видимо, из-за недостатка фосфора в удобрении. Так же влияло и ежегодное использование половинной дозы NPK.

Для характеристики плодородия в отношении калия следует учитывать калий почвенного раствора (легкорастворимый) и обменный калий, а также частично необменный, извлекаемые из почвы разными растворителями. В нашем исследовании содержание подвижного калия (по мето-



**Рис. 1.** Изменение содержания гидролизуемого азота, подвижных фосфора и калия в аллювиальной луговой почве после 2-х ротаций овощного севооборота. Б/к – биокомпост.

ду Чирикова, в 0.5 н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) было более вариабельным в сравнении с фосфором в вариантах ввиду большего его поглощения овощными культурами, а также возможности его вымывания в нижележащие горизонты, переходом в необменную форму и т.п. Только в вариантах с внесением 1 1/2 NPK выявлено накопление подвижных форм калия (на 22%) в сравнении с начальным содержанием, расчетная доза NPK, а также ее внесение совместно с биокомпостом, позволила компенсировать вынос калия и поддержать его содержание на исходном (в год закладки) уровне. При использовании чисто органической системы удобрения в вариантах с биокомпостом почва потеряла 6–11%  $\text{K}_2\text{O}$  от начального уровня. Выращивание овощей в севообороте без использования удобрений, а также с половинной дозой NPK негативно отражалось на содержании подвижного калия, его убыль составила 17–22%.

Овощные культуры потребляют значительное количество кальция и магния. По данным Борисова [3], высоким потреблением кальция ( $\text{CaO}$ ) отличаются поздняя капуста белокочанная и свекла столовая (49–50 кг/10 т), морковь – несколько меньшим (22 кг/10 т). Общий вынос уро-

жаем этого элемента может достигать 364, 221 и 132 кг/га соответственно. Вынос магния урожаем капусты поздней 80 т/га достигает 60 кг  $\text{MgO}$ /га, свеклы столовой (40 т/га) – 52 кг/га, моркови (60 т/га) – 48 кг  $\text{MgO}$ /га. По данным работы [12], потребление магния на 10 т урожая составляет: капусты белокочанной – 7, свеклы столовой – 20, моркови – 5 кг  $\text{MgO}$ .

Показано (табл. 3), что за 2 ротации (6 лет) овощного севооборота содержание в почве обменного кальция уменьшилось на 1–10, магния – на 3–11% от начального содержания из-за выноса этих элементов урожаем и полным отсутствием компенсации, т.к. примененные удобрения не содержали в своем составе этих макроэлементов. Параллельно наблюдали тенденцию к увеличению кислотности почвы. При регулярном внесении органических удобрений (биокомпоста) отмечена тенденция к разуплотнению почвы, уменьшению ее объемного веса.

При оценке любой системы удобрения важным является максимально возможная урожайность культуры (табл. 4, рис. 2). Минимальная средняя продуктивность севооборота получена в варианте без применения удобрений. В вариантах

**Таблица 3.** Изменение содержания обменных оснований и кислотности почвы после 2-х ротаций овощного севооборота

Вариант	Обнаружено в почве (слой 0–20 см) после 2-х ротаций (6 лет) овощного севооборота							
	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		pH <sub>KCl</sub>		плотность	
	мг-экв/100 г	%	мг-экв/100 г	%	ед. pH	%	г/см <sup>3</sup>	%
Исходное	18.0	100	3.5	100	6.32	100	1.13	100
Без удобрений (контроль)	17.8	99	3.4	97	6.26	99	1.13	100
0.5 NPK	16.5	92	3.2	91	6.22	98	1.13	100
NPK	16.9	94	3.3	94	6.22	98	1.13	100
1.5 NPK	16.2	90	3.1	89	6.17	98	1.14	101
Биокомпост 3 т/га	17.3	96	3.3	94	6.21	98	1.11	98
Биокомпост 6 т/га	17.5	97	3.3	94	6.24	99	1.10	97
0.5 NPK + биокомпост 3 т/га	17.3	96	3.2	91	6.23	99	1.12	99
NPK + биокомпост 6 т/га	17.0	94	3.1	89	6.20	98	1.11	98
HCP <sub>05</sub>	1.2	–	0.6	–	0.07	–	0.04	–

**Таблица 4.** Урожайность овощного севооборота (среднее за 2 ротации)

Вариант	Средняя урожайность овощного севооборота (стандартной продукции)							
	капуста белокочанная поздняя		морковь		свекла столовая		средняя продуктивность	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрений (контроль)	47.3	100	53.2	100	49.7	100	50.1	100
0.5 NPK	56.8	120	60.4	114	54.2	109	57.1	114
NPK	66.8	141	64.8	122	60.2	121	63.9	128
1.5 NPK	79.5	168	66.6	125	66.8	134	71.0	142
Биокомпост 3 т/га	55.2	117	54.9	103	52.3	105	54.1	108
Биокомпост 6 т/га	58.3	123	57.9	109	57.9	116	58.0	116
0.5 NPK + биокомпост 3 т/га	66.8	141	62.4	117	60.1	121	63.1	126
NPK + биокомпост 6 т/га	71.5	151	67.9	128	63.5	128	67.6	135
HCP <sub>05</sub>	3.4	–	3.7	–	4.8	–	3.4–4.8	–

с чисто органической системой удобрения отмечено повышение урожайности на 8–16%, а в вариантах с чисто минеральной (1/2 NPK, NPK, 1 1/2 NPK) – на 14–42%. Органо-минеральная система удобрения обеспечила 26–35% прироста продуктивности севооборота.

### ВЫВОДЫ

1. После 2-х ротаций (6 лет) овощного севооборота на аллювиальной луговой почве содержание

гумуса и гидролизуемого азота сохранилось на близком к начальному уровню (3.11–3.13% и 10.4–10.7 мг/100 г) при ежегодном внесении биокомпоста в дозе 6 т/га, отдельно или совместно с NPK. Минимальное содержание гумуса (2.84–2.85%) и гидролизуемого азота (8.5–8.8 мг/100 г) выявлено в контроле, минеральные удобрения сдерживали минерализацию гумуса почвы.

2. В почве возросло содержание подвижного фосфора (на 1–15%) и калия (на 3–22%) в вари-

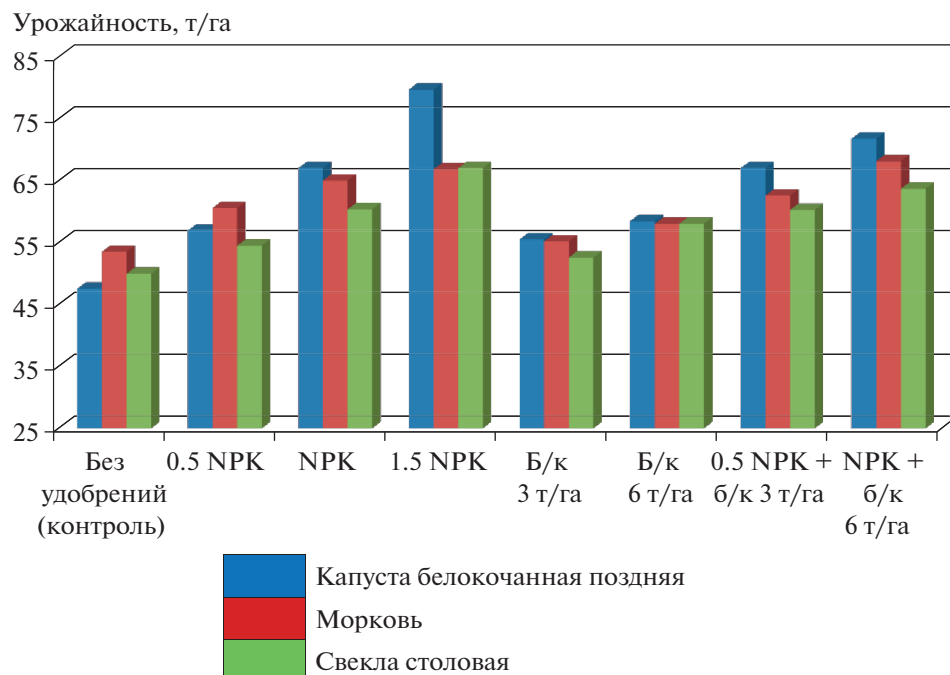


Рис. 2. Урожайность овощных культур в севообороте (2016–2021 гг., стандартная продукция). Б/к – биокомпост.

антах с внесением NPK, 1 1/2 NPK и NPK совместно с биокомпостом 6 т/га. Половинная доза 1/2 NPK, а также внесение только биокомпоста уменьшили содержание подвижного фосфора (на 4–7%) и калия (на 6–17%) в почве.

3. Количество обменных оснований  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  имело тенденцию к снижению на 1–11% в зависимости от системы удобрения; отмечено подкисление почвы и тенденция к снижению плотности почвы при использовании ежегодно биокомпоста в дозе 6 т/га.

4. Чисто органическая система удобрения (биокомпост) обеспечила рост урожайности овощей в среднем на 8–16, минеральная система (1/2 NPK, NPK, 1 1/2 NPK) – на 14–42, органо-минеральная – на 26–35%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Завалин А.А., Романенков В.А., Шафран С.А., Аристархов А.Н., Шильников И.А. Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020 года. М.: ВНИИА, 2011. 52 с.
2. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М.: АН СССР, 1963. 293 с.
3. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: Росинформагротех, 2016. 392 с.
4. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1968. 295 с.
5. Кораблева Л.И. Плодородие, агрохимические свойства и удобрение пойменных почв Нечерноземной зоны. М.: Наука, 1969. 278 с.
6. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н. Калийный режим аллювиальной луговой почвы поймы р. Москвы при длительном применении удобрений в овощекормовом севообороте // Агрохимия. 2013. № 2. С. 11–14.
7. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н. Азотный режим аллювиальной луговой почвы поймы р. Москвы а при длительном применении удобрений в овощекормовом севообороте // Агрохимия. 2014. № 9. С. 8–12.
8. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н., Гренадеров Н.В. Фосфатный режим аллювиальной луговой почвы после 30-летнего применения минеральных удобрений в овощекормовом севообороте // Агрохимия. 2014. № 1. С. 23–26.
9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 649 с.
10. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 625 с.
11. Державин Л.М., Попова Р.Н., Дегтярова Н.И. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: МСХА, 1991. 66 с.
12. Круг Г. Овощеводство. Пер. с нем. В.И. Леунова. М.: Колос, 2000. 576 с.

## Changes in Fertility of Alluvial Meadow Soil under Different Fertilizer Systems in Vegetable Crop Rotation

I. Yu. Vasyuchkov<sup>a</sup>, V. A. Borisov<sup>a</sup>, and O. N. Uspenskaya<sup>a,#</sup>

<sup>a</sup>All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of FNTSO  
d. Vereya 500, Moscow region, Ramensky district 140153, Russia

<sup>#</sup>E-mail: [usp-olga@yandex.ru](mailto:usp-olga@yandex.ru)

In a laboratory and field experiment conducted in the climatic conditions of the Moscow region, it was found that after 2 rotations (6 years) saturated vegetable crop rotation (late white cabbage – carrots – table beets) on alluvial meadow medium loamy soil with annual application of biocompost at a dose of 6 t/ha (total of 18 t/ha), the humus content in the soil stabilized, a tendency to accumulation of alkaline hydrolyzable nitrogen fraction (+6%) was noted and the consumption of mobile forms of phosphorus (–4%) and potassium (–6%), as well as soil decompression. The use of mineral fertilizers in single and one-and-a-half doses revealed a tendency to decrease the content of humus in the soil (by 3–4%), hydrolyzable nitrogen (by 7–8%) and the accumulation of mobile phosphorus (by 1–15%) and potassium (by 3–22%). The introduction of a low dose of mineral fertilizers led to a deterioration of soil fertility, a decrease in the content of humus (–5%), mobile phosphorus and potassium (by 5 and 17%). Slightly more effective was the introduction of biocompost annually at a dose of 3 t/ha. With the joint application of biocompost (6 t/ha) and a single dose of NPK, stabilization of the humus content in the soil at the initial level, accumulation of hydrolyzable nitrogen (by 9%), mobile phosphorus and potassium (by 5–6%) was noted. During 2 rotations, there was a decrease in the content of exchangeable calcium (by 1–10% from the initial level) and magnesium (by 3–11%) and weak acidification of the soil (a decrease in  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  by 1–2% from the initial indicator). It was found that the average productivity of arable land without the use of fertilizers was 50 t/ha, increased by 14 when the half dose was applied, by 28 when the single dose was applied, and by 42% when the half dose was applied, the use of biocompost at doses of 3 and 6 t/ha provided an increase in productivity by 8–16%. With the joint annual application of biocompost with a single dose of NPK, the average productivity of crop rotation increased by 26–35%.

*Key words:* alluvial meadow soil, vegetable crop rotation, mineral fertilizers, organic fertilizers, fertility, humus, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, acidity.