

Н. А. Пронько, В. В. Корсак, К. С. Голик, А. В. Рябова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

Ю. А. Новикова

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВОЩЕЙ НА ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ В СУХОСТЕПНОМ ПОВОЛЖЬЕ

Цель исследования – повышение научной обоснованности систем применения удобрений путем определения закономерностей влияния продуктивности овощных культур на вынос элементов питания растений с урожаем при перспективном и современном капельном способе орошения в почвенно-климатических условиях сухостепного Поволжья. Полевые исследования проводились на темно-каштановых почвах и южном черноземе Саратовской области при разных режимах капельного полива и нормах внесения минеральных удобрений. Урожайность возделываемых овощных культур (перца сладкого и баклажанов) определялась по методике Б. А. Доспехова, содержание в почве гумуса методом мокрого сжигания по И. В. Тюрину, доступных форм фосфора и калия методом Б. П. Мачигина. В плодах содержание азота определяли фотометрическим индофенольным методом, фосфора – с молибденовым аммонием, калия – методом пламенной фотометрии. Результаты полевых экспериментальных исследований обрабатывались методами корреляционного и регрессионного анализа. В статье представлены результаты изучения выноса элементов питания растений на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции перца сладкого и баклажанов на темно-каштановых почвах и южном черноземе Саратовской области при разных режимах капельного полива и нормах внесения минеральных удобрений. Анализ результатов исследований показал, что как уровень продуктивности, так и сорт (гибрид) изучаемых овощных культур оказывает существенное влияние на величины выносов основных элементов питания растений, это необходимо учитывать при проектировании систем внесения минеральных удобрений под данные культуры и оценке дефицитности балансов элементов питания. При их возделывании следует применять рассчитанные с учетом сорта и урожайности значения выноса. Приводятся уточненные для разных сортов (гибридов) перца сладкого и баклажанов величины выноса элементов питания на 1 т при низком, повышенном и среднем уровне урожайности.

Ключевые слова: почва, плодородие, вынос элементов питания растений, овощи, капельный полив, минеральные удобрения, чернозем южный, темно-каштановая почва, перец сладкий, баклажаны.

N. A. Pron'ko, V. V. Korsak, K. S. Golik, A. V. Ryabova

Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

Yu. A. Novikova

Volga Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation, Engels, Russian Federation

REGULARITIES OF VEGETABLE PRODUCTIVITY INFLUENCE ON THE REMOVAL OF NUTRIENT ELEMENTS DURING DRIP IRRIGATION IN DRY-STEPPE VOLGA REGION

The purpose of the study is to increase the scientific validity of fertilizer application systems by determining the patterns of influence of vegetable crops productivity on the plant nutrients removal with the yield during promising and modern drip irrigation method under the soil-climatic conditions of the dry steppe Volga region. Field studies were conducted on dark chestnut soils and southern chernozem in Saratov region with different drip irrigation regimes and fertilizer application rates. The yield of cultivated vegetable crops (sweet pepper and eggplants) was determined according to the B. A. Dospekhov method, the humus content in soil – by the wet burning method according to I. V. Tyurin, the available phosphorus and potassium forms by B. P. Machigin method. The nitrogen in fruits content was determined by the photometric indophenolic method, phosphorus – by molybdenum ammonium, and potassium – by flame photometry. The results of field experimental studies were processed by the methods of correlation and regression analysis. The results of a study of plant nutrients removal per ton of the main and corresponding amount of by-products of sweet pepper and eggplants on dark chestnut soils and southern chernozem of Saratov region with different drip irrigation regimes and mineral fertilization rates are presented. The research results analysis showed that both the level of productivity and the variety (hybrid) of the vegetable crops studied have a significant impact on the magnitudes of the removal of the main plant nutrients, which should be taken into account when designing mineral fertilizer application systems for the given crop and assessing the deficiency of nutrient balances. The values of removal calculated by taking into account variety and yield should be used when cultivating them. The values of the removal of nutrients per 1 ton at low, elevated and average yield levels are specified for different varieties (hybrids) of sweet pepper and eggplant.

Key words: soil, fertility, removal of plant nutrients, vegetables, drip irrigation, mineral fertilizers, southern chernozem, dark-chestnut soil, sweet pepper, eggplant.

Введение. В последние годы все большее внимание в Российской Федерации уделяется крупнотоварному производству овощей. Так, по данным Федеральной службы государственной статистики, в общем объеме собранных овощей доля крупных сельскохозяйственных организаций возросла на 4,1 % (с 17,1 до 21,2), фермерских и крестьянских хозяйств – на 4,5 % (с 11,4 до 15,9), а доля хозяйств населения, хотя и осталась преобладающей, сократилась с 71,5 до 62,9 %. Росла в последние годы и продуктивность отечественного овощеводства (рисунок 1) [1, 2].

Такой рост продуктивности овощных сельскохозяйственных угодий во многом обуславливается общим улучшением ситуации в нашей стране с внесением минеральных и органических удобрений, применение которых за период 2007–2017 гг. выросло в крупных сельскохозяйственных организациях в 1,7 и 1,66 раза (рисунок 2) [1].

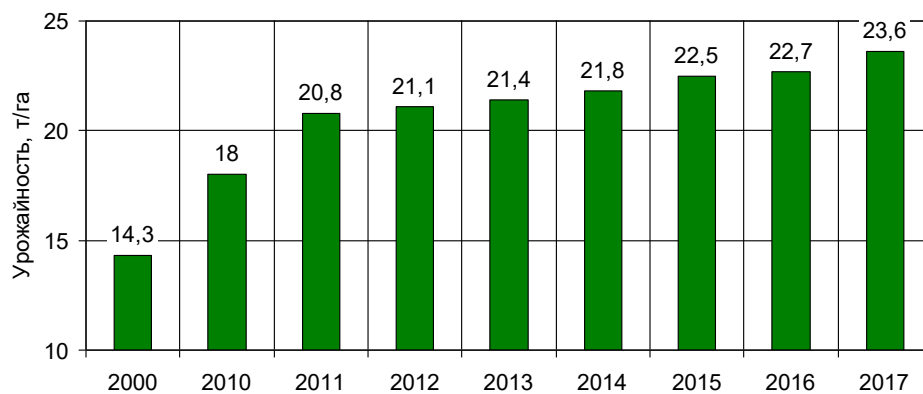


Рисунок 1 – Урожайность овощных культур по годам в России

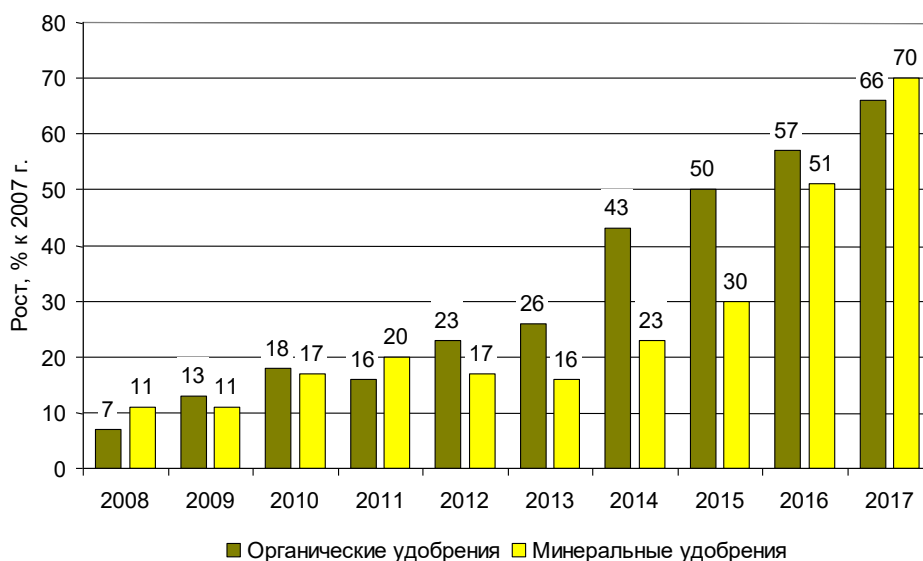


Рисунок 2 – Рост внесения минеральных и органических удобрений на 1 га пашни по сравнению с 2007 г. в сельскохозяйственных организациях

Однако, как указывает С. А. Манжина [3], «аграрии нашей страны испытывают хронический дефицит в минеральных удобрениях», которые вносятся всего на 53 % площади пашни, причем объемы их внесения по действующему веществу в 2–6 раз ниже, чем в развитых странах (ЕС, США, Япония, Канада).

Такое положение дел в условиях рыночной экономики во многом объясняется тем, что отдача от применения минеральных удобрений часто не оправдывает ожиданий, так как дозы их внесения, которые необходимо определять на основе выноса элементов питания растений с урожаем основной и побочной продукции с учетом особенностей возделываемой

культуры, ее планируемой продуктивности, почвенных условий, недостаточно обоснованы [4–6]. При этом надо учитывать и то, что постоянное долговременное поддержание дефицитных балансов питательных элементов и органического вещества почвы приводит к ее истощению и снижению потенциального и эффективного плодородия [7, 8]. В связи с этим целью наших исследований было повышение научной обоснованности систем применения удобрений путем определения закономерностей влияния продуктивности овощных культур на вынос элементов питания растений с урожаем при перспективном и современном капельном способе орошения в почвенно-климатических условиях сухостепного Поволжья.

Материалы и методы. Полевые исследования, посвященные определению выноса элементов питания растений с урожаем овощных культур на капельном поливе, проводились в учебном научно-производственном комбинате «Агроцентр» Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова в г. Саратове (баклажаны, 2015–2017 гг.), опытно-производственном хозяйстве Волжского НИИ гидротехники и мелиорации (перец сладкий, 2008–2010 гг.) Энгельсского района Саратовской области. Выбор данных культур для изучения был сделан на основе анализа мирового опыта возделывания в условиях капельного орошения [9, 10].

Определение урожайности возделываемых овощных культур проводилось согласно общепринятым методикам [11], содержание в почве гумуса методом мокрого сжигания по И. В. Тюрину, доступных форм фосфора и калия методом Б. П. Мачигина. В плодах содержание азота определяли фотометрическим индофенольным методом, фосфора – с молибденовым аммонием, калия – методом пламенной фотометрии [12]. Результаты полевых экспериментальных исследований обрабатывались методами корреляционного и регрессионного анализа [11].

Агрохимические свойства почв опытных участков и агроклиматические параметры вегетационных периодов изученных культур в годы проведения исследований представлены в таблице 1 [13, 14].

Таблица 1 – Агрохимические свойства почв опытных участков и агроклиматические параметры вегетационных периодов изученных культур

Показатель	Значение	
Культуры	Перец сладкий	Баклажаны
Годы исследований	2008–2010	2015–2017
Сорта и гибриды	Фламинго F1, Подарок Молдовы	Черный красавец, Алмаз
ГТК в годы исследований	0,61; 0,54; 0,12	0,57; 0,33; 0,57
Почва	Террасовая темно-каштановая	Чернозем южный
Содержание гумуса, %	2,99	7,29
Содержание фосфора, мг/кг	23	52
Содержание калия, мг/кг	285	548

В полевых экспериментах по определению выноса элементов питания растений с урожаем овощных культур [9, 10], результаты которых легли в основу приведенного в данной статье сравнительного анализа, использовались режимы капельного орошения с диапазонами регулирования влажности активного слоя почвы 0,7–1,0 влажности при наименьшей влагоемкости (НВ); 0,8–1,0 и 0,9–1,0 НВ, а также дозы минеральных удобрений N₁₀₀P₅₀K₄₀ и N₁₉₀P₈₀K₇₀ кг д. в./га (контроль – без удобрений).

Результаты и обсуждение. Анализ результатов проведенных полевых экспериментов показывает, что изменение режимов капельного орошения и доз вносимых минеральных удобрений оказывает существенное влияние как на урожайность изучаемых овощных культур, так и на вынос ими элементов питания растений на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции (таблица 2).

Таблица 2 – Диапазоны изменений и средние значения урожайности и выноса питательных элементов на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции перцем сладким и баклажанами

Диапазон изменения	Урожайность		Вынос азота		Вынос фосфора		Вынос калия	
	т/га	% от среднего	кг/т	% от среднего	кг/т	% от среднего	кг/т	% от среднего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
баклажан Черный красавец								
Минимум	36,60	58,2	2,63	80,3	0,75	76,8	4,99	79,3
Максимум	88,69	141,0	4,09	124,9	1,18	120,8	7,72	122,7
Среднее	62,91	–	3,27		0,98		6,29	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НСР ₀₅ А	7,40	11,8						
НСР ₀₅ В	1,35	2,1						
НСР ₀₅ АВ	4,77	7,6						
баклажан Алмаз								
Минимум	37,79	64,1	3,31	93,0	0,98	84,9	6,44	90,3
Максимум	81,24	137,9	3,97	111,6	1,37	118,7	8,40	117,8
Среднее	58,92		3,56		1,15		7,13	
НСР ₀₅ А	7,05	12,0						
НСР ₀₅ В	0,93	1,6						
НСР ₀₅ АВ	2,16	3,7						
перец Фламинго F1								
Минимум	26,10	57,3	4,11	88,9	1,41	87,5	7,37	85,8
Максимум	58,70	128,8	5,53	119,6	1,85	114,8	10,07	117,3
Среднее	45,57		4,62		1,61		8,59	
НСР ₀₅ А	2,81	6,2						
НСР ₀₅ В	1,27	2,8						
НСР ₀₅ АВ	3,66	8,0						
перец Подарок Молдовы								
Минимум	22,40	60,0	4,67	83,5	1,82	84,5	7,80	83,2
Максимум	48,80	130,7	6,90	123,3	2,85	132,4	12,32	131,4
Среднее	37,34		5,60		2,15		9,38	
НСР ₀₅ А	3,34	8,9						
НСР ₀₅ В	2,14	5,7						
НСР ₀₅ АВ	3,12	8,4						
Примечание – Фактор А – режим орошения, фактор В – дозы удобрений.								

При этом колебания урожайности перца сладкого и баклажанов относительно средней выше, чем колебания значений выноса всех элементов питания растений. Так, урожайность перца сладкого сорта Подарок Молдовы изменяется в диапазоне 60–130,7 % от средней, гибрида Фламинго 57,3–128,8 % от средней, баклажанов сорта Черный красавец – 58,2–141 %, сорта Алмаз – 64,1–137,9 %.

Максимальный относительный диапазон колебаний значений выноса азота на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции отмечается у баклажанов сорта Черный красавец: от 80,3 до 124,9 % от среднего значения, минимальный у баклажанов сорта Алмаз: от 93 до 111,6 %. Средние диапазоны колебаний выноса этого питательного элемента наблюдаются у перца сладкого: от 88,9 до 119,6 и от 83,5 до 123,3 % от среднего значения у гибрида Фламинго и сорта Подарок Молдовы соот-

ветственно. Напротив, более широкие диапазоны колебаний выноса фосфора и калия на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции отмечены как раз у перца сладкого Подарок Молдовы: по фосфору от 84,5 до 132,4 %, по калию от 83,2 до 131,4 % от среднего. Минимальные диапазоны колебаний выноса фосфора были у перца гибрида Фламинго – от 87,5 до 114,8 % от среднего, калия – от 90,3 до 117,8 % у баклажана сорта Алмаз.

Линейные регрессионные зависимости выноса элементов питания на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции от урожайности баклажанов сортов Черный красавец и Алмаз являются убывающими и имеют различный уровень достоверности (рисунок 3).

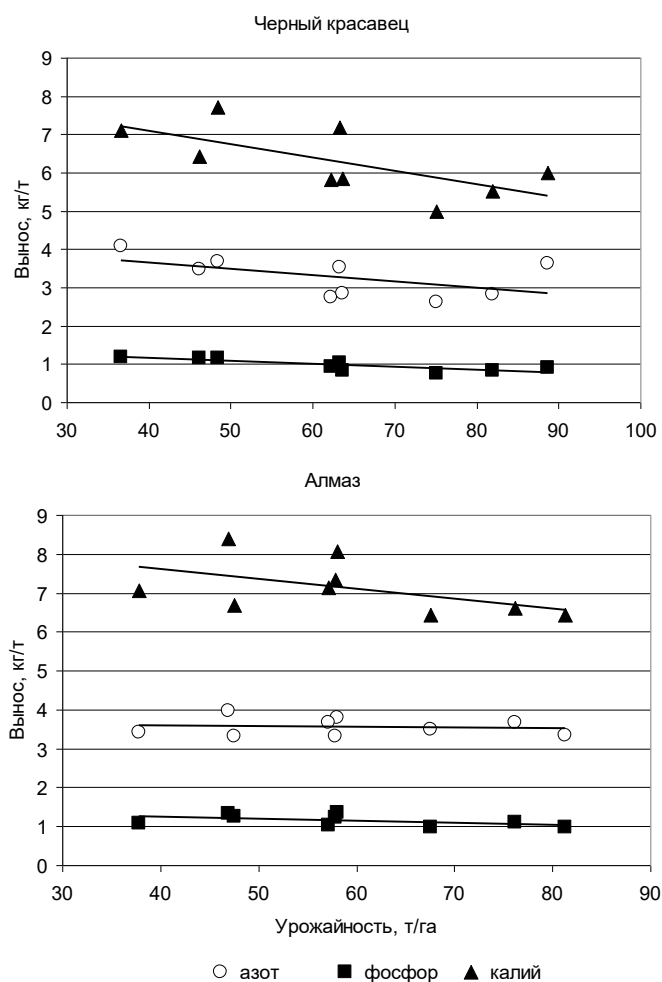


Рисунок 3 – Линейные регрессионные зависимости выноса элементов питания на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции от урожайности баклажанов сортов Черный красавец и Алмаз

Напротив, такие же зависимости для перца сладкого носят разнонаправленный характер (рисунок 4).

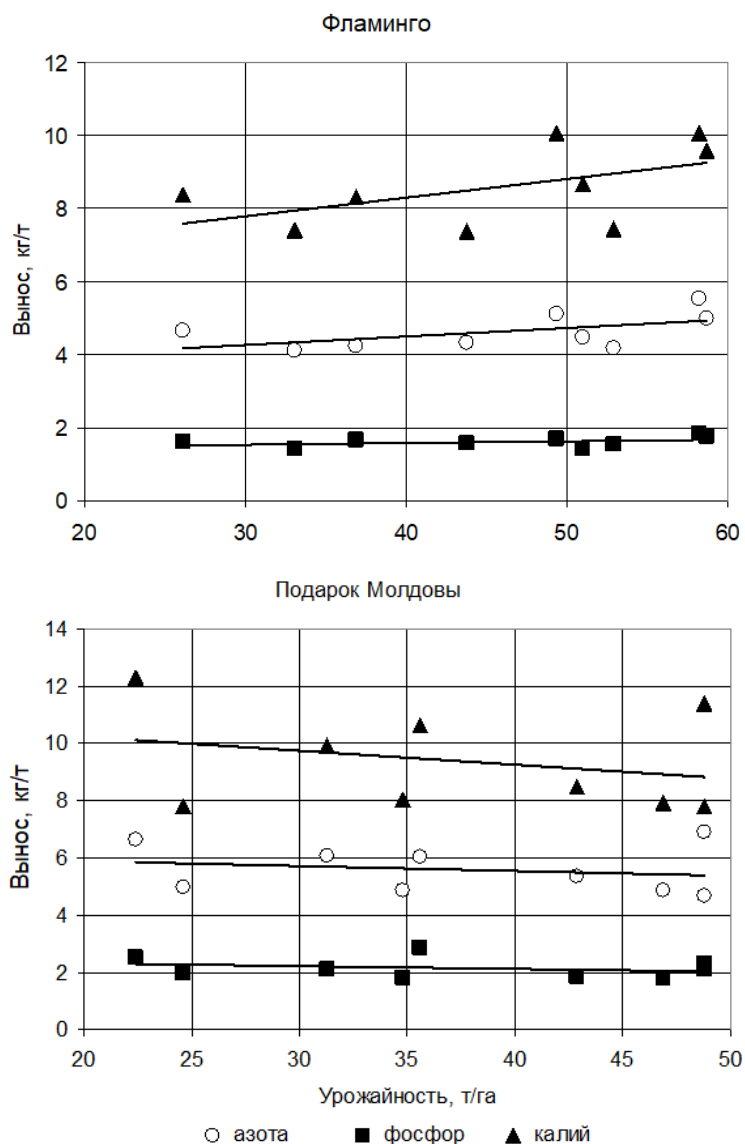


Рисунок 4 – Линейные регрессионные зависимости выноса элементов питания на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции от урожайности перца сладкого гибрида Фламинго и сорта Подарок Молдовы

Уравнения показанных на рисунках регрессионных зависимостей и их коэффициенты детерминации приводятся в таблице 3.

Анализ данных зависимостей показывает, что все уравнения для перца сладкого сорта Подарок Молдовы и уравнение по выносу азота для баклажанов сорта Алмаз носят недостоверный характер ($R^2 < 0,09$ соответствует слабой корреляционной связи). Остальные уравнения имеют доста-

точный уровень достоверности. Значение коэффициента детерминации в диапазоне 0,1–0,5 соответствует средней тесноте корреляционной связи, а корреляционная связь между выносом фосфора и урожайностью баклажанов сорта Черный красавец сильная ($R^2 = 0,6632$).

Таблица 3 – Уравнения регрессионных зависимостей выноса питательных элементов на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции от урожайности

Культура	Сорт (гибрид)	Элемент питания	Уравнение зависимости	Коэффициент детерминации
Перец сладкий	Фламинго	Азот	$y = 0,0227x + 3,587$	0,2737
		Фосфор	$y = 0,0051x + 1,3806$	0,1589
		Калий	$y = 0,0506x + 6,2801$	0,2766
	Подарок Молдовы	Азот	$y = -0,0168x + 6,2215$	0,0408
		Фосфор	$y = -0,0088x + 2,4827$	0,0633
		Калий	$y = -0,048x + 11,173$	0,0776
Баклажаны	Черный красавец	Азот	$y = -0,0162x + 4,2897$	0,2905
		Фосфор	$y = -0,0076x + 1,4563$	0,6632
		Калий	$y = -0,0349x + 8,4824$	0,4544
	Алмаз	Азот	$y = -0,0016x + 3,6546$	0,0101
		Фосфор	$y = -0,0051x + 1,4546$	0,2353
		Калий	$y = -0,0252x + 8,6175$	0,2563

y – вынос элемента питания, кг/т; x – урожайность культуры, т/га.

Рассчитанные значения выноса представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Вынос питательных элементов на тонну основной и соответствующее количество побочной продукции перца сладкого и баклажанов при разных уровнях урожайности
В кг/т

Культура (сорт, гибрид)	Элемент питания	Вынос элемента питания при урожайности		
		низкой	высокой	средней
Перец сладкий (гибрид Фламинго F1)	Азот	4,2	4,9	4,6
	Фосфор	1,5	1,7	1,6
	Калий	7,6	9,3	8,6
Баклажаны (сорт Черный красавец)	Азот	3,7	2,9	3,3
	Фосфор	1,2	0,8	1,0
	Калий	7,2	5,4	6,3
Баклажаны (сорт Алмаз)	Фосфор	1,3	1,0	1,2
	Калий	7,7	6,6	7,1

Выводы. Проведенные исследования показали, что значения выноса элементов питания растений с плодами перца сладкого и баклажанов имеют существенные различия для разных сортов (гибридов) этих культур и

уровней продуктивности их овощных плантаций на капельном поливе. Так, вынос калия баклажанами сорта Алмаз превышает вынос сортом Черный красавец на 0,5; 1,2 и 0,8 кг д. в. на 1 т продукции при низкой, высокой и средней урожайности, что составляет 7; 22 и 13 % соответственно. Вынос фосфора этими же сортами различается на 8; 25 и 20 % для тех же уровней продуктивности. Значимые различия между величинами выноса всех питательных элементов наблюдаются и при разных уровнях продуктивности перца сладкого и баклажанов. Так, вынос доступного азота перцем сладким сорта Фламинго при высокой продуктивности превышает вынос при низкой на 17 %, фосфора при тех же условиях на 13 %, калия – на 22 %. Наоборот, у баклажанов вынос всех элементов питания с ростом продуктивности снижается. Например, для сорта Черный красавец при высокой урожайности вынос азота меньше на 22 %, фосфора на 33 %, калия на 25 % по сравнению с выносом этих элементов при низкой урожайности. Такая большая разница в величинах, естественно, приведет к существенным различиям в дозах внесения минеральных удобрений. Поэтому для проектирования систем их внесения под данные культуры и оценки дефицитности балансов элементов питания при их возделывании следует применять рассчитанные с учетом сорта и урожайности значения выноса.

Список использованных источников

1 Основные показатели сельского хозяйства в России в 2017 году: бюллетень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250, 2019.

2 Балансы элементов питания растений на пахотных землях России / В. В. Корсак, А. Н. Никишанов, А. В. Рябова, К. В. Гузенко // Вавиловские чтения – 2016: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 129-й годовщине со дня рождения акад. Н. И. Вавилова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016. – С. 165–169.

3 Манжина, С. А. Анализ обеспечения АПК России удобрениями / С. А. Манжина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 199–221. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=505>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

4 Пронько, Н. А. Метод расчета доз органических и минеральных удобрений для культур орошаемых севооборотов по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания / Н. А. Пронько, В. В. Корсак // Агрохимия. – 2001. – № 7. – С. 66–71.

5 Монастырский, В. А. Алгоритм расчета доз внесения удобрений в прецизионном земледелии / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко // Научный

журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 26–38. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=587>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

6 Hutton, R. G. The rapid determination of the major nutrient elements in plants / R. G. Hutton, P. H. Nye // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2006. – Vol. 9, iss. 1. – P. 7–14.

7 Шадских, В. А. Основные принципы оптимизации экологической ситуации орошаемых агроландшафтов степной и сухостепной зон Поволжья / В. А. Шадских, Л. Г. Романова, В. Е. Кижаяева // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2017. – № 6. – С. 17–20.

8 The Effect of Prolonged Irrigation on the Volga Region / N. A. Pronko, V. V. Korsak, L. G. Romanova, A. V. Kravchuk, V. V. Afonin // *International Journal of Engineering & Technology* [Electronic resource]. – 2018. – Vol. 7, № 4.38: Spec. iss. 38. – P. 1210–1213. – Mode of access: <https://sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/27764/14434>.

9 Muller, T. Optimizing drip irrigation for eggplant crops in semi-arid zones using evolving thresholds / T. Muller, C. Ranquet Bouleaua, P. Perona // *Agricultural Water Management*. – 2016. – Vol. 177. – P. 54–65.

10 Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper Plants (*Capsicum annuum* L.) as Affected by Potassium Fertilization / A. M. El-Bassiony, Z. F. Fawzy, E. H. Abd El-Samad, G. S. Riad // *Journal of American Science*. – 2010. – 6(12). – P. 722–729.

11 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2010. – 352 с.

12 Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

13 Пронько, Н. А. Продуктивность перца сладкого, вынос и потребление им элементов питания при капельном орошении на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / Н. А. Пронько, Ю. А. Новикова // *Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова*. – 2010. – № 7. – С. 27–31.

14 Бородычев, В. В. Вынос элементов питания и продуктивность баклажанов при капельном поливе в Саратовском Правобережье / В. В. Бородычев, Н. А. Пронько, К. С. Голик // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2018. – № 1. – С. 19–24.

References

1 *Osnovnye pokazateli sel'skogo khozyaystva v Rossii v 2017 godu: byulleten'* [Main Indicators of Agriculture in Russia in 2017: newsletter], available: http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250, 2019. (In Russian).

2 Korsak V.V., Nikishanov A.N., Ryabova A.V., Guzenko K.V., 2016. *Balansy elementov pitaniya rasteniy na pakhotnykh zemlyakh Rossii* [Balances of plant nutrients elements on arable lands of Russia]. *Vavilovskie chteniya – 2016: sb. st. mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 129 godovshchine so dnya rozhdeniya akad. N. I. Vavilova* [Vavilov Readings – 2016. Proceed. of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 129th Anniversary of the Academician N.I. Vavilov birth]. Saratov, Saratov State Agrarian University Publ., pp. 165-169. (In Russian).

3 Manzhina S.A., 2017. [Analysis of fertilizers provision to the agro-industrial complex of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(27), pp. 199-221, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=505>, DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38. (In Russian).

4 Pron'ko N.A., Korsak V.V., 2001. *Metod rascheta doz organicheskikh i mineral'nykh udobreniy dlya kul'tur oroshaemykh sevooborotov po prognoznomu rotatsionnomu*

balansu elementov pitaniya [Method of doses calculation of organic and mineral fertilizers for crops of irrigated crop rotations by the predicted rotational balance of nutrients]. *Agrokimiya* [Agricultural Chemistry], no. 7, pp. 66-71. (In Russian).

5 Monastyrsky V.A., Babichev A.N., Olgarenko V.Ig., 2019. [The calculation algorithm for rate of fertilizer application in precision agriculture]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(33), pp. 26-38, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=587>, DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38. (In Russian).

6 Hutton R.G., Nye P.H., 2006. The rapid determination of the major nutrient elements in plants. *Journal of the Food and Agriculture*, vol. 9, iss. 1, pp. 7-14. (In English).

7 Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E., 2017. *Osnovnye printsipy optimizatsii ekologicheskoy situatsii oroshaemykh agrolandshaftov stepnoy i sukhostepnoy zon Povolzh'ya* [Basic principles of optimization of the ecological situation of irrigated agricultural landscapes of steppe and dry steppe zones of the Volga region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 17-20. (In Russian).

8 Pron'ko N.A., Korsak V.V., Romanova L.G., Kravchuk A.V., Afonin V.V., 2018. The effect of prolonged irrigation on the Volga region. *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 4.38, spec. iss. 38, pp. 1210-1213, available: <https://sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/27764/14434>. (In English).

9 Muller T., Ranquet Bouleau C., Perona P., 2016. Optimizing drift irrigation in semi-arid zones using evolving thresholds. *Agricultural Water Management*, vol. 177, pp. 54-65. (In English).

10 El-Bassiony A.M., Fawzy Z.F., Abd.Al-Samad E.H., Riad G.S., 2010. Growth, Yield and Fruit Plants (*Capsicum annuum* L.) as Affected by Potassium Fertilization, no. 6(12), pp. 722-729. (In English).

11 Dospelkov B.A., 2010. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of Field Experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th revised ed. Moscow, Agropromizdat Publ., 352 p. (In Russian).

12 Mineev V.G., 2001. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on Agrochemistry]. Moscow, MGU Publ., 689 p. (In Russian).

13 Pron'ko N.A., Novikova Yu.A., 2010. *Produktivnost' pertsy sladkogo, vynos i potreblenie khimicheskikh elementov pitaniya pri kapel'nom oroshenii na temno-kashtanovykh pochvakh Saratovskogo Zavolzh'ya* [Productivity, removal and consumption of nutrition elements by sweet pepper under drip irrigation on dark chestnut soils of Saratov Trans-Volga region]. *Vestnik SGAU im. N. I. Vavilova* [Bullet. of SSAU named after N.I. Vavilov], no. 7, pp. 27-31. (In Russian).

14 Borodychev V.V., Pron'ko N.A., Golik K.S., 2018. *Vynos elementov pitaniya i produktivnost' baklazhanov pri kapel'nom polive v Saratovskom Pravoberezh'e* [The removal of nutrients and the productivity of eggplants under drip irrigation in the Saratov Right Bank]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bullet. of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], no. 1, pp. 19-24. (In Russian).

Пронько Нина Анатольевна

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес организации: Театральная пл. 1, г. Саратов, Российская Федерация, 410012

E-mail: n_pronko@mail.ru

Pron'ko Nina Anatol'evna

Degree: Doctor of Agricultural Science

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov

Affiliation address: Theatralnaya sq., 1, Saratov, Russian Federation, 410012

E-mail: n_pronko@mail.ru

Корсак Виктор Владиславович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес организации: Театральная пл. 1, г. Саратов, Российская Федерация, 410012

E-mail: vvcorsac@rambler.ru

Korsak Viktor Vladislavovich

Degree: Doctor of Agricultural Science

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov

Affiliation address: Theatralnaya sq., 1, Saratov, Russian Federation, 410012

E-mail: vvcorsac@rambler.ru

Голик Карина Славиковна

Должность: ассистент

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес организации: Театральная пл. 1, г. Саратов, Российская Федерация, 410012

E-mail: karil999@yandex.ru

Golik Karina Slavikovna

Position: Assistant

Affiliation: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov

Affiliation address: Theatralnaya sq., 1, Saratov, Russian Federation, 410012

E-mail: karil999@yandex.ru

Рябова Алиса Владимировна

Должность: аспирант

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес организации: Театральная пл. 1, г. Саратов, Российская Федерация, 410012

E-mail: alisa.ryabova2012@yandex.ru

Ryabova Alisa Vladimirovna

Position: Postgraduate Student

Affiliation: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov

Affiliation address: Theatralnaya sq., 1, Saratov, Russian Federation, 410012

E-mail: alisa.ryabova2012@yandex.ru

Новикова Юлианна Александровна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Адрес организации: ул. Гагарина, 1, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123

E-mail: volnrigm@engels.san.ru

Novikova Yulianna Aleksandrovna

Degree: Candidate of Agricultural Science

Position: Researcher

Affiliation: Volga Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation

Affiliation address: st. Gagarina, 1, Engels, Saratov region, Russian Federation, 413123

E-mail: volnrigm@engels.san.ru