

вносят расчётные дозы NPK под запланированную урожайность с использованием больших доз азота требуется опережающая заделка также и увеличенных доз K_2O .

Выводы. 1. Максимальный сбор переваримого протеина в растениеводческой продукции 5-польного плодосменного зернопропашного севооборота на первом этапе освоения легкосуглинистых малопродуктивных дерново-подзолистых почв Верхневолжья обеспечивает внесение расчётных доз минеральных удобрений под запланированную урожайность при обоих способах их заделки (вспашка на 16-18 см, минимальная обработка на 7-10 см) (+141,2-143,4% к контролю). Внесение органических отходов животноводческого комплекса в экологически безопасных дозах также эффективно (+111,2-124,3% к контролю). Однако их положительное влияние пролонгировано и прослеживается в севообороте на легкосуглинистых почвах до трех лет, что существенно сказывается на повышении плодородия таких почв при их освоении.

2. Обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином определяется генотипом растений. Тем не менее, при внесении всех видов удобрений отмечена положительная тенденция к увеличению концентрации переваримого протеина в 1 кормовой единице (+2,3-4,5 г к контролю), однако данное превышение при $HCP_{05} = 8,5$ г находится в пределах статистической погрешности опыта.

Литература

1. Петухова Е.В., В.С. Крылова, Н.Т. Емелина и др. Практикум по кормлению сельскохозяйственных животных. — М.: Колос, 1977. — С. 3-57.
2. Попова А.А., Ганина Я.И., Бешкуров В.П. Организация кормопроизводства на промышленной основе. — М.: Россельхозиздат, 1980. — 171 с.
3. Новосёлов Ю.К., Шпаков А.С., Рудоман В.В. Состояние и экономические аспекты развития полевого кормопроизводства в Российской Федерации. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. — 136 с.
4. Посыпанов Г.С. Соя в Подмоскowie. Сорты северного экотипа для Центрального Нечерноземья и технологии их возделывания. — М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. — 200 с.
5. Шевченко В.А., Кобозева Т.П., Попова Н.П. Оптимизация кормовой ценности кукурузно-соевого силоса на мелиорированных землях Нечерноземья. — М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2018. — 204 с.
6. Тютюнников А.И., Фадеев В.М. Повышение качества кормового белка. — М.: Россельхозиздат, 1984. — С. 4-93.
7. Григорьев Н.И., Волков Н.П., Воробьев Е.С. и др. Биологическая полноценность кормов. — М.: Агропромиздат, 1989. — С. 119-173.
8. Шевченко В.А. Современное состояние выбывших из оборота мелиорированных земель и перспективы их освоения. — М., 2021. — С. 359-379.
9. Афанасьев Р.А. Удобрение орошаемых пастбищ в Нечернозёмной зоне России. — М.: ВНИИА, 2021. — С. 177-227.
10. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. — М.: Россельхозиздат, 1977. — 188 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, переработанное и дополненное. — М.: Колос, 1979. — 416 с.

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS AND METHODS OF THEIR EMBEDDING ON THE FODDER VALUE OF FIELD CROPS DURING DEVELOPMENT UNPRODUCTIVE LANDS OF THE UPPER VOLGA REGION

V.A. Shevchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, A.M. Soloviev, Doctor of Agricultural Sciences, G.I. Bondareva, Doctor of Technical Sciences, N.P. Popova, Candidate of Agricultural Sciences, A.N. Kostyakov VNIIGiM, 127434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg. two

It is shown that with all methods of fertilizing, the crucial importance in increasing the collection of digestible protein per 1 ha of crops cultivated on the developed unproductive lands of the Upper Volga region is the introduction of calculated doses of NPK for the planned yield or the use of organic waste from livestock complexes in environmentally safe doses. It was found that the provision of 1 feed unit with digestible protein is determined mainly by the genotype of plants and does not significantly depend on both the methods of embedding and the system of fertilizer application. Therefore, in order to stabilize the nutritional value of the feed to the zootechnical norm (105-110 g of digestible protein per 1 k. e.), leguminous crops should be introduced into crop rotations.

Keywords: digestible protein, feed unit, unproductive lands, crop rotation, mineral fertilizers, liquid effluents, solid fraction of manure, fertilization.

УДК 631.874 : 631.81 : 635.21

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.02

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ СИДЕРАТОВ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Н.А. Тимошина, к.с.-х.н., Е.В. Князева, Л.С. Федотова, д.с.-х.н.,
С.В. Жевора, д.с.-х.н., ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

ул. Лорха, 23, литер В, д. п. Красково, г. Люберцы, Московская обл., 140051, Российская Федерация
тел. (498) 645-03-03; E-mail: coordinazia@mail.ru

Представлены результаты полевых опытов (2020-2022 г.) с двумя видами сидератов, расчетными дозами минеральных удобрений, биопрепаратами на основе аминокислот (Агровин) и активных штаммов ризосферных бактерий (Бисолбифит, Бисолбисан) на среднеспелом сорте картофеля Фаворит в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы Московской области. Целью исследований было изучить продуктивность нового отечественного сорта картофеля, а также динамику плодородия дерново-подзолистой почвы с различной интенсивностью антропогенного воздействия в зависимости от сочетания сидератов, расчетных доз минеральных удобрений и биоактивных препаратов в условиях Нечернозёмной зоны.

Исследования, проходившие в экстремальных климатических условиях (жара и засуха в середине вегетации 2020 и 2021 г.), подтверждают высокую отзывчивость картофеля на запарку капустных и малолетних сорных растений в качестве сидератов в сочетании со сниженными дозами минеральных удобрений и биопрепаратами. Более надежную и высокую урожайность культуры (28 т/га) обеспечивало ее размещение после запарки рапса масличного на фоне половинной дозы NPK ($N_{31}P_{40}K_{81}Mg_{10}$ + биопрепараты), а уровень эффективности от вложенных агрохимикатов в вариантах с комплексным использованием биоактивных препаратов был выше аналогичных вариантов на фоне запарки биомассы сорняков. Однако на фоне запарки малолетних сорных растений

минеральное питание со сниженной дозой NPK в сочетании с микробиологическими агрохимикатами [сорняки + ($N_{35}P_{47}K_{78}Mg_7$ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание препаратами БисолбиСан и Агровин] также позволило получить высокую отдачу от вложенных средств и повысить урожайность культуры до 24-25 т/га; прибавка от биопрепаратов составила 28,6%, тогда как на фоне рапса масличного – 24,9%. На фоне заделки биомассы рапса масличного в варианте [($N_{31}P_{40}K_{81}Mg_{10}$ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин)] складывались наиболее оптимальные параметры эффективного плодородия дерново-подзолистей среднесуглинистой почвы.

Ключевые слова: картофель, сидераты, рапс масличный, малолетние сорняки, Агровин, БисолбиФит, БисолбиСан, урожай, размер и качество клубней.

Для цитирования: Тимошина Н.А., Князева Е.В., Федотова Л.С., Жевора С.В. Плодородие почвы и продуктивность картофеля на основе сидератов, минеральных удобрений и биологически активных препаратов// Плодородие. – 2023. – №2. – С. 8-13. DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.02.

Для успешного развития картофелеводства, необходимо решение экологических проблем применения агрохимикатов, которое заключается в правильном выборе форм (видов) удобрений, оптимизации их доз и соблюдении технологической дисциплины. При сегодняшнем отрицательном балансе органического вещества почв возникает необходимость увеличения доли многолетних трав и сидератов в севооборотах с картофелем, которые обладают мощным фитосанитарным воздействием, улучшают водно-физические и агрохимические свойства почвы, повышают продуктивность севооборота и качество получаемой продукции [1, 3, 5, 13-16].

В ряде случаев на начальном этапе освоения адаптивных систем земледелия при отсутствии многолетних сорняков можно использовать в качестве сидерата естественную засоренность однолетними сорняками. Сорные растения являются естественным компонентом биоценоза, выполняющим функции поддержания их биоразнообразия и устойчивости. Многие цветущие виды сорняков в агроценозах поддерживают численность и видовое разнообразие энтомофагов, которые в свою очередь регулируют численность вредителей культурных растений.

В связи с тем, что правительство РФ на ближайшие годы ставит задачу вернуть 11 млн га залежных земель в сельскохозяйственный оборот, актуальным направлением исследований является изучение процессов формирования плодородия дерново-подзолистей почвы в звене севооборота с новым перспективным сортом картофеля на фоне сидератов с применением малых доз минеральных удобрений в сочетании с биопрепаратами на основе отобраных высокоэффективных штаммов ризосферных бактерий.

Механизмы воздействия ассоциативных ризосферных бактерий на растения основываются на синтезе фитогормонов, витаминов и других физиологически активных веществ [10, 11]. Благодаря тому, что штамм *Bacillus subtilis* Ч-13 синтезирует целый комплекс фитогормонов (ауксиноподобные соединения, гибберелины, цитокинины и др.), у обработанных растений гармонично развиваются как корневая система, так и надземная часть.

Микроорганизмы регулируют рост и развитие не только за счет образования биологически активных веществ, но и благодаря мобилизации труднодоступных элементов питания из удобрений, органической и минеральной частей почвы. Под воздействием бактериальных ферментов (фосфатаз, фитаз) происходят гидролиз органических фосфатов и повышение биологической доступности фосфора. Мобилизация фосфора из

минералов достигается благодаря воздействию на них органических кислот, прежде всего глюконовой. Аналогично происходят высвобождение и других макро- и микроэлементов из связанного состояния и их переход в доступную, легкоусвояемую для растения форму.

Дополнительная регуляция роста осуществляется за счет продукции штаммом Ч-13 летучих соединений: ацетона и 2,3-бутандиола, оказывающих многостороннее воздействие на растительный метаболизм.

Препарат БисолбиСан обеспечивает эффективную защиту от широкого спектра возбудителей грибных и бактериальных инфекций: парши, ризоктониоза, альтернариоза, фитофтороза, кольцевой гнили картофеля и др. [11].

Цель исследований – изучить продуктивность нового перспективного отечественного сорта картофеля, а также динамику плодородия дерново-подзолистей почвы с различной интенсивностью антропогенного воздействия в зависимости от сочетания сидератов, расчетных доз минеральных удобрений и биоактивных препаратов в условиях Нечернозёмной зоны.

Объектом исследований являлся новый среднеспелый сорт картофеля Фаворит (I репродукция).

Полевые деляночные исследования влияния изучаемых факторов на продуктивность и качество картофеля осуществляли в полном соответствии со стандартными методами [4, 7, 8]. Структуру урожая клубней картофеля изучали, взвешивая: мелкую фракцию – клубни в поперечном диаметре меньше 30 мм, среднюю – от 30 до 60 мм, крупную – более 60 мм (ГОСТ Р 53136-2008). Достоверность различий между средними вычисляли методом двухфакторного дисперсионного анализа на 5%-ном уровне значимости [4]. В клубнях определяли: крахмал по удельной массе (ГОСТ 7194-81), витамин С – по И.К. Мурри (Руководство Р 4.1.1672-03. 2004) [9].

Опыты проводили на полях крестьянско-фермерского хозяйства «Ягудин Н.В.» (Московская обл.). Посадку картофеля осуществляли вручную в предварительно нарезанные гребни 31 мая 2021 г. и 3 июня 2022 г.; схема посадки 75 x 30 см, густота стояния растений – 44 000 шт/га. Площадь делянки 24 м². Уход за посадками картофеля общепринятый для зоны возделывания. Уборка – 13.09.21 и 1.09.22 г. Краткая схема двухфакторного опыта [(2 предшественника x 6 вариантов) x 3 повторности] приведена в таблице 1.

Дозы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом с учетом почвенного плодородия на урожайность картофеля 30 т/га [6]. Дозы удобрений изменялись по годам исследований в зависимости от плодородия полей: на поле с заделкой сорняков в 2021 г. – $N_{63}P_{110}K_{156}Mg_{16}$; в 2022 г. – $N_{75}P_{75}K_{155}Mg_{12}$ = сред-

няя доза за два года $N_{69}P_{93}K_{156}Mg_{14}$; на поле с запашкой $N_{70}P_{70}K_{150}Mg_{12}$ = средняя доза за два года рапса масличного в 2021 г. – $N_{56}P_{90}K_{174}Mg_{29}$; в 2022 г. – $N_{63}P_{80}K_{162}Mg_{20}$.

1. Схема опыта

Предшественники	№ варианта	Удобрения		
		Основное внесение в почву перед посадкой картофеля	Опрыскивание по всходам	Опрыскивание в бутонизацию – начало цветения
Рапс масличный на сидерат	1	Нет	Нет	Нет
	2	$N_{56-70}P_{70-90}K_{150-174}Mg_{12-29}$ – полная доза удобрений на урожайность 30 т/га	Нет	Нет
	3	50% от полной дозы NPK	Нет	Нет
	4	50% от полной дозы NPK + БисолбиФит, 4 кг/т	Нет	Нет
	5	50% от полной дозы NPK+ БисолбиФит, 4 кг/т	БисолбиСан, 2 л/га	БисолбиСан, 2 л/га
	6	50% от полной дозы NPK + БисолбиФит, 4 кг/т	БисолбиСан, 2 л/га	БисолбиСан, 2 л/га + Агровин Mg+Zn+B
Малолетние сорные растения на сидерат	1	Нет	Нет	Нет
	2	$N_{63-75}P_{75-110}K_{155-156}Mg_{12-16}$ – полная доза удобрений на урожайность 30 т/га	Нет	Нет
	3	50% от полной дозы NPK	Нет	Нет
	4	50% от полной дозы NPK + БисолбиФит, 2 л/т	Бисолбисан, 2 л/т	Нет
	5	50% от полной дозы NPK+ БисолбиФит, 4 кг/т	БисолбиСан, 2 л/га	БисолбиСан, 2 л/га
	6	50% от полной дозы NPK + БисолбиФит, 4 кг/т	БисолбиСан, 2 л/га	БисолбиСан, 2 л/га + Агровин Mg+Zn+B

Формы удобрений (д. в., концентрации питательных элементов), применявшиеся в опыте: жидкий микробиологический препарат БисолбиСан® и твердый микробиологический препарат БисолбиФит на основе ризосферной бактерии *Bacillus subtilis штамм Ч-13*. Диаммофоска 14:23:23; калийно-магниевое удобрение (K-Mg-S=40-6-16); аммиачная селитра (34%).

Сидераты: рапс масличный в фазе цветения-начала формирования стручков; малолетние сорняки в фазе цветения – яровые ранние: овсюг, марь белая, горец шероховатый, торица полевая, горчица полевая, плевел опьяняющий, горец вьюнковый, редька дикая, пикульник красивый (зюбра); яровые поздние: щирца запрокинутая, щетинник зеленый, щетинник сизый, ежовник обыкновенный, или куриное просо, паслен черный; зимующие – пастушья сумка, ярутка полевая, ромашка непахучая.

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Характеризовалась слабокислой реакцией (pH_{KCl} 5,03-5,18; H_+ = 3,27-3,46 мг-экв/100 г почвы); относительно высокой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими (S = 9,9-10,5 мг-экв/100 г почвы; V = 74,1-76,3%); средним/выше среднего содержанием подвижного фосфора (190-231 мг/кг почвы) и средним содержанием обменного калия (127 мг/кг почвы) (ГОСТ Р 54650-2011); гумус – 2,8%.

Метеоусловия вегетационного периода 2021 г. были экстремальными для роста, развития, продуктивности картофеля, а также зерновых культур. Погода в мае 2021 г. стояла теплая и влажная, среднесуточная температура воздуха была на 1,37 °C выше нормы, осадков за месяц выпало более чем в 1,5 раза больше нормы. Погода в июне и июле 2021 г. была в основном жаркая и сухая ($ГТК_{июнь}$ = 0,91; $ГТК_{июль}$ = 0,40), в августе – жаркая и влажная ($ГТК_{август}$ = 1,49). $ГТК_{2021}$ составил 1,096 (слабозасушливый год). Погода в мае 2022 г. была холодная с неравномерным выпадением осадков, среднесуточная температура воздуха была на 2,23 °C ниже нормы. В июне установилась жаркая и сухая погода ($ГТК_{июнь}$ = 0,65), в начале и середине июля – жаркая и влажная ($ГТК_{июль}$ = 2,52→1,41), а с третьей декады июля до конца августа стояла жара без осадков ($ГТК_{август}$ = 0,24). $ГТК$ всей вегетации 2022 г. составил 0,93 (засушливый).

Результаты и их обсуждение. В экстремальных климатических условиях вегетационного сезона 2021 г.

урожайность среднеспелого сорта картофеля Фаворит на поле с запашкой рапса масличного колебалась от 16,7 т/га на контроле без удобрений до 28,4 т/га в вариантах с комплексным применением агрохимикатов (табл. 2). Погодные условия второй половины вегетации 2022 г. приближались к экстремальной засухе 2010 г., в связи с чем урожайность картофеля также была относительно невысокой (от 14,9 до 27,8 т/га).

2. Урожайность картофеля сорта Фаворит в зависимости от запашки сидератов и применения удобрений

№ п/п	Вариант опыта	Валовой урожай, т/га			Прибавка урожая к вариантам, т/га		Товарность, % (2021- 2022 г.)
		2021 г.	2022 г.	среднее	1	2	
Сидерат – рапс масличный							
1	Без удобре- ний	18,3	19,4	18,9	-		95,1
2	N ₆₃ P ₈₀ K ₁₆₂ Mg ₂₀	24,1	24,3	24,2	5,3	-	96,3
3	0,5(NPKMg)	23,5	21,5	22,5	3,6	-	96,2
4	0,5(NPKMg) + Бисолбифит	25,6	23,4	24,5	5,6	0,3	97,4
5	0,5(NPKMg) + Бисолбифит + Бисолбисан	27,0	24,3	25,7	6,8	1,5	97,3
6	0,5(NPKMg) + Бисолбифит + (БисолбиСан +Агровин)	28,4	27,8	28,1	9,2	3,9	97,6
Сидерат – малолетние сорняки							
1	Без удобре- ний	16,7	14,9	15,8	-		95,4
2	N ₆₉ P ₉₃ K ₁₅₆ Mg ₁₄	23,3	23,7	23,5	7,7	-	96,4
3	0,5(NPKMg)	20,0	17,8	18,9	3,1	-	95,8
4	0,5(NPKMg) + Бисолбифит	21,1	20,4	20,7	4,9	-	95,7
5	0,5(NPKMg) + Бисолбифит + БисолбиСан	22,8	22,4	22,6	6,8	-	96,5
6	0,5(NPKMg) + Бисолбифит + (БисолбиСан +Агровин)	24,8	23,9	24,3	8,5	0,8	96,5
НСР ₀₅		0,72	1,61				
Точность опыта		1,05%	2,48%				1,2

На поле с запашкой рапса масличного в варианте с полной дозой NPK урожайность картофеля повышалась: в 2021 г. на 5,8 т/га, или 31,6%, в 2022 г. – на 4,9

т/га, или 25,3% по сравнению с контролем без удобрений. Снижение дозы NPK на 50% обеспечило урожайность картофеля в 2021 г. на уровне 23,5 т/га (минус 3,5%), в 2022 г. – 21,5 т/га (минус 12% относительно полной дозы NPK). Наблюдавшийся высокий эффект от половинной дозы NPK объясняется установившейся жарой и засухой в июле в оба года исследований. Вследствие этого эффективность полной дозы минеральных удобрений снижалась из-за образования очагов высокой концентрации питательных веществ в почве, которые препятствовали нормальному росту и развитию растений.

Обогащение половинной дозы минеральных удобрений препаратом БисолбиФит (вар. 4) повышало урожайность картофеля на 1,9-2,1 т/га, или на 8,8-8,9%, а в среднем за два года на 2,0 т/га (8,9%) относительно соответствующих значений в варианте с половинной дозой NPK (вар. 3).

В среднем за два года дополнительное некорневое опрыскивание биопрепаратом БисолбиСан (вар. 5) и БисолбиСан совместно с Агровином (вар. 6) на фоне половинной дозы (0,5 NPK + БисолбиФит) повышало урожайность картофеля до 25,7-28,1 т/га, или на 3,2-5,6 т/га (14,2-24,9%) к уровню половинной дозы NPK. Товарность урожая в вариантах с половинной дозой NPK и применением биопрепаратов (95,3-97,6%) была на уровне и выше значений минеральных контролей (96,2-96,3%).

Размещение картофеля на поле после запашки малолетних сорняков способствовало формированию более низкой урожайности культуры в оба года исследований. Снижение продуктивности картофеля в варианте естественного агрофона (без удобрений) на поле с запашкой малолетних сорняков составило: в 2021 г. – 1,6 т/га, или 8,7%, в 2022 г. – 4,9 т/га, или 23,2% по сравнению с аналогичным вариантом после рапса масличного.

Внесение расчетной дозы NPK на фоне запашки сорняков повысило урожайность картофеля более существенно по сравнению с действием удобрений на фоне рапса: в 2021 г. – на 6,6 т/га, или на 39,5%, в 2022 г. – на 8,8 т/га, или на 59%, в среднем за два года прибавка от полной дозы NPK составила 7,7 т/га, или 48,7%. В варианте с половинной дозой минеральных удобрений получена урожайность на 4,6 т/га, или 20% ниже уровня полной дозы. В среднем за два года некорневое опрыскивание биопрепаратом БисолбиСан (вар. 5) и БисолбиСан + Агровин (вар. 6) на фоне половинной дозы NPK + БисолбиФит повышало урожайность картофеля на 3,7-5,4 т/га (19,6-28,6%) относительно половинной дозы NPK. Эти данные говорят о большей эффективности минеральных удобрений на фоне запашки биомассы малолетних сорняков.

В 2022 г. на фоне сорняков обогащение половинной дозы минеральных удобрений препаратом БисолбиФит было недостаточно для достижения уровня полной дозы NPK. Только в вар. 6 (50% NPK + БисолбиФит) в сочетании с некорневым опрыскиванием препаратом БисолбиСан и Агровин была достигнута урожайность (23,9 т/га), полученная в варианте с полной дозой NPK – 23,7 т/га.

Статистическая обработка экспериментальных данных двухфакторного полевого опыта показала, что в формировании урожайности картофеля доля влияния сидератов (А) составила 20,7 % (2021 г.) – 18,6 % (2022 г.), доля влияния удобрений (В) – 72,2 % (2022 г.) – 73,2 %

(2021 г.), а взаимодействие АВ – 4,0 % (2022 г.) – 4,3 % (2021 г.).

Поскольку метеоусловия 2022 г. в середине вегетации были аналогичны условиям 2021 г. (жара и засуха), то тенденции формирования структуры урожая были схожими. В вариантах с удобрениями на фоне запашки рапса сформировалась следующая структура урожая (табл. 3). На фоне запашки малолетних сорняков доля клубней крупной фракции снизилась, а средней и мелкой фракций повысилась, что указывает на отставание формирования потребительской структуры урожая на фоне запашки биомассы сорняков.

3. Структура урожая картофеля в зависимости от сидератов, форм и доз удобрений

№ п/п	Фракционный состав по массе, %			Число клубней на 1 куст			Средняя масса 1 клубня, г		
	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм	всего	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм	> 60 мм	30-60 мм
<i>Сидерат – рапс масличный</i>									
1	17,5	77,5	5,0	8,5	0,7	5,9	1,9	118	58
2 NPK	27,7	68,7	3,6	9,5	1,3	6,1	2,1	126	63
3	37,9	58,3	3,8	8,7	1,5	5,4	1,8	137	59
4	34,7	62,7	2,6	8,8	1,4	5,9	1,5	153	60
5	40,9	56,4	2,7	9,1	1,7	5,9	1,5	155	55
6	43,5	54,1	2,4	9,3	1,8	6,2	1,3	157	61
<i>Сидерат – малолетние сорняки</i>									
1	12,3	83,1	4,6	8,0	0,4	5,7	1,9	57	52
2 NPK	21,0	75,4	3,6	9,7	0,8	7,0	1,9	144	56
3	13,0	82,8	4,2	9,1	0,4	6,7	2,0	159	57
4	15,3	80,4	4,3	9,3	0,6	7,0	1,7	136	59
5	11,9	84,7	3,4	9,5	0,5	6,9	2,1	137	63
6	12,9	83,7	3,4	10,5	0,5	7,9	2,1	131	61
HCP ₀₅	-	-	-	1,1	0,4	0,5	0,2	13	6

Наиболее оптимальная структура урожая картофеля для продовольственных целей сформировалась на фоне запашки рапса масличного в 5-м и 6-м вариантах [Рапс + (N₃₀P₄₅K₈₇Mg₆ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин].

На фоне запашки малолетних сорняков структура урожая больше соответствовала выращиванию картофеля на семенные цели. При этом модификация минеральных удобрений БисолбиФит и опрыскивание микробиологическим препаратом БисолбиСан отдельно и совместно с препаратом Агровин (вар. 5, 6) в наибольшей степени формировали семенную фракцию клубней. На фоне запашки биомассы сорняков в 6-м варианте количество клубней на одно растение было наибольшим по сравнению с аналогичным вариантом на фоне запашки рапса масличного. Средняя масса продовольственного клубня на фоне рапса масличного в вариантах с удобрениями была более, чем в 2 раза выше семенного. На фоне запашки сорняков в вариантах с удобрениями средняя масса продовольственного клубня была выше при меньшем количестве, чем семенного при большем количестве клубней.

Максимальное содержание фитонутриентов наблюдалось на естественном агрофоне без применения удобрений, что объясняется меньшими оводненностью тканей и размером клубней в этих вариантах (табл. 4).

Минеральные контроли (полная доза NPK) снижали питательную ценность клубней за счет как роста массы (оводненности тканей) и размера клубней, так и удлинения периода вегетации. Это закономерно приводило к снижению содержания сухого вещества, крахмала и

витамина С в мякоти клубней – проявлялся эффект «ростового разбавления».

4. Биохимические и кулинарные показатели качества клубней картофеля в зависимости от сидератов, форм и доз удобрений

№ п/п	Биохимические показатели			Кулинарные показатели				
	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Вкус	Разваримость	Потемнение мякоти через 24 ч		Сумма баллов
						сырой	вареной	
Сидерат – рапс масличный								
1	17,3	11,5	21,5	9	8	7	8,7	32,7
2 NPK	15,9	10,5	18,9	6	7	5	9	27,0
3	16,5	10,9	21,9	7,3	7,7	7	9	31,0
4	16,3	10,7	21,7	7	7,7	8,5	9	32,2
5	16,3	10,7	21,9	7,7	8,5	9	9	34,2
6	16,7	11,1	21,9	7,5	9	9	9	34,5
Сидерат – малолетние сорняки								
1	16,9	11,2	21,9	9	9	7	9	34,0
2 NPK	15,5	10,1	20,2	5,3	7	5	8	25,3
3	16,6	10,9	22,6	5,3	7,7	7	8	30,0
4	16,3	10,7	22,6	7,5	7,7	7,7	9	31,9
5	16,5	10,8	22,5	7,7	8	9	9	33,7
6	16,5	10,9	21,9	8,0	8	9	8,7	33,7
НСР ₀₅	1,3	1,1	0,7	-	-	-	-	-

Биомодификация половинной дозы минеральных удобрений препаратом БисолбиФит (вар. 3-6) способствовала повышению продуктивности картофеля и содержания фитонутриентов, что объясняется повышением доступности питательных веществ и улучшением агрохимических характеристик пахотного слоя почвы. Наибольшее содержание сухого вещества/крахмала и витамина С в клубнях картофеля отмечено в 6-м варианте на обоих полях [Рапс/Сорняки + (N₃₂₋₃₅P₄₀₋₄₇K₇₈₋₈₁Mg₇₋₁₀ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин]: 16,5-16,7%/10,9-11,1%, 21,9 мг%, соответственно.

Зеленое удобрение положительно влияет на пищевой режим различных почв. Так, редька масличная, используемая в качестве сидерата, способствует восполнению в пахотном слое фосфора и калия, что связано с перемещением этих элементов из нижележащих слоев почвы [1, 3]. В среднем за два года на фоне рапса масличного актуальная кислотность (pH_{KCl}), гидролитическая кислотность (Нг), сумма обменных оснований (S) и степень насыщенности основаниями колебались (табл. 5).

5. Агрохимические показатели пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

№ п/п	pH _{KCl}	подзолистый среднегумусный по т/в						
		Нг	S	V, %	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
		мг-экв/100 г почвы			мг/кг			
Сидерат – рапс масличный								
1	5,03	3,47	11,1	76,0	12,2	138	89	168
2	4,95	3,90	10,9	73,3	14,3	187	143	182
3	5,04	3,41	10,6	75,3	14,4	183	140	175
4	4,99	3,50	10,8	75,3	14,9	175	147	175
5	5,10	3,46	10,7	75,3	15,7	187	146	179
6	5,07	3,48	10,9	75,6	15,7	190	147	185
Сидерат – малолетние сорняки								
1	4,83	3,87	10,2	72,3	10,5	129	93	193
2	4,67	4,08	9,9	70,9	13,9	167	137	205
3	4,91	3,73	10,1	73,0	13,9	167	135	194
4	4,90	3,77	10,0	72,5	14,3	169	137	194
5	4,95	3,71	10,3	73,3	15,1	171	141	201
6	4,95	3,73	10,5	73,6	15,2	176	144	207
НСР ₀₅	0,15	0,21	0,6	1,3	1,4	31	27	15

В пахотном слое почвы на фоне заправки малолетних сорняков кислотность (актуальная и гидролитическая) была выше (на 0,15-0,28 ед. pH и 0,18-0,36 мг-экв), а сумма и степень насыщенности обменными основаниями ниже (на 0,4-0,9 мг-экв и 1,9-3,7%) относительно соответствующих значений поля с рапсом.

В вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений (вар. 2) на обоих полях отмечена тенденция к подкислению почвы: актуальная кислотность повышалась на 0,08-0,16 ед. pH, гидролитическая кислотность – на 0,21-0,43 мг-экв, сумма обменных оснований понизилась на 0,2-0,3 мг-экв, а степень насыщенности основаниями – на 1,4-2,7% относительно контролей без удобрений.

Важная роль в эффективном плодородии почв и питании растений отведена наиболее подвижной форме азота – нитратной [2]. В нашем эксперименте содержание нитратного азота (N-NO₃) повышалось до среднего уровня обеспеченности (15,1-15,7 мг/кг почвы) от внесения удобрений на фоне заправки обоих сидератов в вар. 5 и 6 [Рапс/Сорняки + (N₃₀P₄₅₋₅₅K₇₈₋₈₇Mg₅₋₆ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин] – на 1,3-1,4 мг/кг к фону NPK и на 3,5-4,7 мг/кг к значениям варианта без удобрений.

Содержание подвижного фосфора (P₂O₅) в пахотном слое почвы удобренных (2-6-й) вариантов увеличилось на 37-52 мг/кг на фоне рапса и на 38-47 мг/кг на фоне заправки сорняков относительно контролей без удобрений. Содержание обменного калия (K₂O) повысилось во всех удобренных вариантах – на 51-58 мг/кг почвы на фоне заправки рапса и на 42-51 мг/кг на фоне заправки сорняков относительно контроля без удобрений, при этом влияния биопрепаратов на его содержание не наблюдалось.

В вариантах 2-6 с внесением комплексных минеральных удобрений отмечена тенденция к увеличению обменного магния (Mg), но существенно его содержание повысилось только в варианте 6 на обоих полях [Рапс/Сорняки + (N₃₀P₄₅₋₅₅K₇₈₋₈₇Mg₅₋₆ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин] – на 14-17 мг/кг относительно контроля без удобрений.

В среднем за 2021-2022 г. наиболее оптимальные параметры плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы складывались в варианте 6 на фоне заправки биомассы рапса масличного [Рапс + (N₃₁P₄₀K₈₁Mg₁₀ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин]: pH_{KCl} 5,07; Нг 3,48 мг-экв/100 г; сумма обменных оснований 10,9 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями 75,6%, содержание: нитратного азота 15,7 мг/кг, подвижного фосфора 190, обменного калия 147 и обменного магния 185 мг/кг, что объясняет рост урожайности на 3,9 т/га, или на 16,1% выше уровня полной дозы NPK.

Заключение. Результаты двух лет исследований, проходивших в экстремальных климатических условиях (жара и засуха в середине вегетации), подтверждают высокую отзывчивость картофеля на заправку капустных и малолетних сорных растений в качестве сидератов в сочетании со сниженными дозами минеральных биомодифицированных удобрений. Более надежную и высокую урожайность культуры (28 т/га) обеспечивало ее размещение после заправки рапса масличного на фоне половинной дозы модифицированной NPK (N₃₁P₄₀K₈₁Mg₁₀ + биопрепараты). Однако эффективность применения агрохимикатов была выше на фоне

запаски биомассы сорняков по сравнению с аналогичными вариантами на фоне рапса масличного.

Комплексное минеральное питание со сниженной на 50% дозой NPK в сочетании с микробиологическими удобрениями на фоне запаски малолетних сорных растений [Сорняки + ($N_{35}P_{47}K_{78}Mg_7$ + БисолбиФит) + 2-кратное опрыскивание БисолбиСан и Агровин] позволило повысить урожайность культуры до 24-25 т/га (на 49-60% относительно контроля без удобрений) в условиях жары и засухи 2021-2022 г.

Литература

1. Беляк В.Б. Биологизация сельскохозяйственного производства (теория и практика). – Пенза: ОАО «Пензенская правда», 2008. – 320 с.
2. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: производственно-практ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 48 с.
3. Глушков В.Б. Пожнивные сидеральные культуры и продуктивность ярового ячменя // Плодородие. – 2013. – № 4. – С. 39-40.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Жевора С.В., Федотова Л.С., Тимошина Н.А., Князева Е.В. Применение удобрений при биологизации картофелеводства // Плодородие. – 2021. – №1 (118). – С. 50-53. DOI:10.25680/S19948603.2021.118.14.
6. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
7. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле/ФГБНУ ВНИИХ. – М., 2019. – 120 с.

8. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. – М.: НИИХ, 1989. – 142 с.
9. Руководство по методам контроля качества и безопасности БАД к пище (Метод И.К. Мурри) / Руководство Р 4.1.1672-03. – М., 2004. – С. 72.
10. Суров В.В., Чухина О.В. Эффективность применения удобрений и флавобактерина на озимой ржи в звене полевого севооборота // Плодородие. – 2014. – № 2. – С. 13-16.
11. Чеботарь В. К., Завалин А. А., Кипрушкина Е. Н. Эффективность применения биопрепарата экстрасол. – М.: Изд-во ВНИИА, 2007. – 216 с.
12. Akça E., Büyüç G., İnan M., Kırpık M. Sustainable management of land degradation through legume-based cropping system, (2022). Advances in Legumes for Sustainable Intensification, pp. 267-280.
13. Gardiner, J.B. Allelochemicals released in soil following incorporation of rapeseed (Brassica napus) green manures / J.B. Gardiner, M.J. Morra, C.V. Eberlein, P.D. Brown, V.J. Borek // Agric. Food Chem. 1999. Vol. 47(9):3837-42.
14. Ochiai, N. Green manure effects on soil quality in relation to suppression of Verticillium wilt of potatoes / N. Ochiai, M.L. Powelson, F.J. Crowe, R.P. Dick // Biology and Fertility of Soils. 2008. Vol. 44. № 8. P. 1013-1023.
15. Pierrehumbert, R.T. Warming the world: Greenhouse effect: Fourer's concept of planetary energy balance is still relevant today // Nature. 2004. N432. P. 677.
16. Simarmata, T., Setiawati, MR., Herdiantoro, D., Fitriatin, BN. Managing of Organic-Biofertilizers Nutrient Based and Water Saving Technology for Restoring the Soil Health and Enhancing the Sustainability of Rice Production in Indonesia / INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRIBUSINESS, FOOD AND AGRO-TECHNOLOGY. 2018. Series of books: IOP Conference Series-Earth and Environmental Science. Vol. 205. Number of articles: UNSP 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/205/1/012051

SOIL FERTILITY AND POTATO PRODUCTIVITY BASED ON SIDERATES, MINERAL FERTILIZERS AND BIOACTIVE ADDITION

N.A. Timoshina, Ph.D., E.V. Knyazeva, L.S. Fedotova, Doctor of Agricultural Sciences, S.V. Zhevora, Doctor of Agricultural Sciences.

Russian Potato Research Centre, st. Lorkha, 23-B, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow region, 140051, Russian Federation.
Tel. (498) 645-03-03; E-mail: coordinazia@mail.ru

The article presents the results of field experiments (2021-2022) with two types of green manure, calculated doses of mineral fertilizers, biopreparations based on amino acids (Agrovin) and active strains of rhizospheric bacteria (Bisolbifit, Bisolbisan) on a mid-ripening potato variety Favorit under conditions of soddy-podzolic medium loamy soil (Moscow region). The aim of the research was to study the productivity of a new Russian potato variety, as well as the dynamics of the fertility of soddy-podzolic soil with varying intensity of anthropogenic impact, depending on the combination of green manure, calculated doses of mineral fertilizers and bioactive preparations in the Nonchernozem belt.

Studies conducted in extreme climatic conditions (heat and drought in the middle of the growing season in 2020 and 2021) confirm the high responsiveness of potatoes to the plowing of cabbage and young weeds as green manure in combination with reduced doses of mineral fertilizers and biological drugs. A more reliable and higher yield of the crop (28 t/ha) was ensured by its placement after the ploughing of oilseed rape against the background of a half dose of NPK ($N_{35}P_{40}K_{81}Mg_{10}$ + biological products), and the level of yield and gains from the input of agrochemicals in the options with the complex use of bioactive drugs was higher than similar options by background of plowing of weed biomass. However, against the background of the plowing of young weeds, mineral nutrition with a reduced dose of NPK in combination with microbiological agrochemicals [Weeds + ($N_{35}P_{47}K_{78}Mg_7$ + BisolbiFit) + 2-fold spraying of BisolbiSan and Agrovin] also made it possible to obtain a high return on investment and increase crop yields up to 24-25 t/ha; the increase from biological drugs was 28.6%, while against the background of oilseed rape it was 24.9%. Against the background of plowing of oilseed rapeseed biomass [Rape + ($N_{35}P_{40}K_{81}Mg_{10}$ + BisolbiFit) + 2-fold spraying of BisolbiSan and Agrovin], the most optimal parameters of the effective fertility of soddy-podzolic medium loamy soil were formed.

Key words: potatoes, green manure, oilseed rape, young weeds, Agrovin, Bisolbifit, Bisolbisan, yield, size and quality of tubers.

УДК 631.5 : 633.331 : 630.160.2 : 633.854.78

DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.03

ПОСТУПЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВУ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ ЛЮЦЕРНЫ

М.Г. Абдулнатипов¹, к.т.н., Г.Н. Гасанов², д.с.-х.н., Т.А. Асварова², к.б.н.

¹ФГОУ ВО Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова
367032, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, 180. abdulnatipovm@mail.ru

²ФГНУ Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН (ДФИЦ РАН)
367000, РФ, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, 45. nikuevich@mail.ru

Исследования проведены на светло-каштановой почве «Агрофирмы Чох» Гунибского района на землях отгонного животноводства в Кизильюртовском районе Республики Дагестан с целью определения поступления в почву дополнительного количества растительной массы при оптимизации сроков основной обработки почвы и проведении влагозарядкового полива под подсолнечник. Гумуса в пахотном слое содержится 2,77%, P_2O_5 -2,21, K_2O -32,8 мг/100 г почвы, плотность пахотного слоя почвы 1,24 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) – 29,2% (слоя почвы