

Н.М. Шалагина, кандидат сельскохозяйственных наук
 Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
 РФ, 684033, Камчатский край, Елизовский р-н, с. Сосновка, ул. Центральная, 4
 E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

УДК 631.452 + 631.559:635.21 (571.66)

DOI:10.30850/vrsn/2021/6/8-11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ОДНОЛЕТНИХ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В СЕВООБОРОТЕ

Получены результаты эффективного использования сидеральных смесей в последствии на картофель в севообороте (сидеральный пар — картофель — картофель). Положительный баланс за севооборот сложился по всем питательным элементам (азот, фосфор, калий), наибольший по азоту — в двухкомпонентных смесях: рапс яровой + вика яровая и горчица белая + вика яровая, соответственно 109,92 и 121,62 кг/га. По азоту превышение баланса с сидеральными смесями по сравнению с одновидовыми посевами составило 8,34–87,29, по фосфору 22,73 и 73,37, калию 8,8–51,4 кг/га. Пахотный слой почвы под сидеральным паром характеризовался низким содержанием нитратного азота (6,2 мг/кг) и подвижного фосфора (25,1 мг/кг), в третьем поле (картофель) оно повысилось до 60–66 и 150–195 мг/кг, что свидетельствовало об эффективности более длительной минерализации сидеральной массы. Количество макроагрегатов в почве к концу севооборота в среднем составило 75,8–78,9 %, на 2,8–3,6 % выше исходного (сидеральный пар). Плотность почвы пахотного горизонта в среднем 0,60 г/см³, что оптимально для роста и развития картофеля. Улучшение агрохимических и физических свойств почвы способствовало значительному увеличению урожайности картофеля в последствии сидератов на фоне (NPK)₉₀: прибавка по сравнению с прямым действием составила 74,4–51,7 %; урожайность — от 26,4 до 30,7 т/га. Коэффициент энергетической эффективности в последствии двухкомпонентных смесей — 2,00 и 2,06, в одновидовых посевах — 1,8.

Ключевые слова: сидеральные смеси, сидерат, двухкомпонентные смеси, одновидовые посева, урожайность, картофель, азот, фосфор, калий, баланс, севооборот.

N.M. Shalagina, PhD in Agricultural sciences
 Kamchatka Research Institute of Agriculture
 RF, 684033, Kamchatsky kraj, Elizovsky r-n, s. Sosnovka, ul. Centralnaya, 4
 E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

INFLUENCE OF ANNUAL GREEN MANURE CROPS ON POTATOES YIELD IN CROP ROTATION

The results of effective use of green manure mixtures in aftereffect on potatoes — in crop rotation (green manure fallow — potatoes — potatoes) are presented. A positive balance for the crop rotation was formed for all nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium). The highest nitrogen balance was observed in two-component mixtures of spring rape + spring vetch and white mustard + spring vetch, respectively 109.92 and 121.62 kg/ha. In terms of nitrogen, the excess of the balance with green manure mixtures in comparison with single-species crops was 8.34–87.29, for phosphorus, 22.73 and 73.37, and potassium, 8.8–51.4 kg/ha. At the beginning of the crop rotation (green manure fallow), the arable soil layer was characterized by a low content of nitrate nitrogen (6.2 mg/kg) and mobile phosphorus (25.1 mg/kg), in the third field (potatoes) there was an increased content of these elements 60–66 and 150–195 mg/kg, which indicated the effectiveness of a longer mineralization of the green manure mass. The number of macroaggregates in the soil by the end of the crop rotation averaged 75.8–78.9 %, which is 2.8–3.6 % higher than the original (green manure fallow). The soil density of the arable horizon averaged 0.60 g/cm³, which was optimal for the growth and development of potatoes. Improvement of agrochemical and physical properties of the soil contributed to a significant increase in potato yield in the aftereffect of green manure against the background (NPK)₉₀: the increase in comparison with the direct action was 74.4–51.7 %; the yield ranged from 26.4 to 30.7 t/ha. The coefficient of energy efficiency in the aftereffect of two-component mixtures was 2.00 and 2.06, in single-species crops — 1.8.

Key words: side mixtures, siderate, two-component mixtures, single species seedings, yield, potato, nitrogen, phosphorus, potassium, balance, crop rotation.

Сохранение и повышение почвенного плодородия — главная задача земледелия. Одно из основных средств ее решения — использование сидерации. Дешевые, доступные и эффективные зеленые удобрения могут быть неисчерпаемым, постоянно возобновляемым источником органического вещества. Важна роль зеленого удобрения в создании глубокого пахотного слоя и улучшении водно-физических свойств почвы. Ее структура, плотность, водный, воздушный и тепловой режимы часто становятся определяющими факторами, положительно влияющими на продуктивность севооборота. Зеленые удобрения улучшают агрегатный состав почвы и по-

вышают водопрочность ее структуры. [2] Сидеральная смесь вики яровой с рапсом дает 16,7 т/га сырой биомассы и 3,4 т/га абсолютно сухой, смесь гороха с рапсом — соответственно 21,1 и 4,9 т/га. Коэффициент энергетической эффективности — 1,5...2,5. [5] Свежая растительная масса в первый год заделки разлагается на 30 %, второй — 70...80 %. Зеленое удобрение — источник растворимых питательных веществ (азот, фосфор, калий, кальций и другие) во время наиболее интенсивного роста сельскохозяйственных культур. [6] Оно оказывает положительное последствие в течение трех-четырех лет. [9] В севообороте с занятым паром урожайность клуб-

Таблица 1.

Урожайность однолетних сидеральных культур в первом поле севооборота, средняя за 2017–2018 годы, т/га

Вариант опыта	Сырая биомасса	Прибавка по сравнению с одновидовыми посевами	Сухая биомасса	Прибавка по сравнению с одновидовыми посевами
Рапс яровой	27,00	—	7,55	—
Рапс яровой + овес	42,50	+15,50	11,79	+4,24
Рапс яровой + вика яровая	44,80	+17,80	7,98	+0,43
Горчица белая	36,00	—	8,87	—
Горчица белая + овес	37,80	+1,80	9,40	+0,53
Горчица белая + вика яровая	44,00	+8,00	9,50	+0,63
Горчица белая + редька масличная	50,20	+14,20	11,69	+2,82
Редька масличная	53,50	—	7,91	—
Редька масличная + вика яровая	62,50	+9,00	7,98	+0,07
НСР ₀₅	14,00		7,00	

ней на фоне минеральных удобрений — 19,00 т/га, сидеральных — 20,95 т/га, при этом доход — 85336 руб./га. [7] В среднем за четыре года наибольшая общая масса растений (48,7 т/га) — у горчицы с редькой. Урожайность картофеля в последствии — 43,5 т/га. Накопление питательных веществ в почве наибольшее, по сравнению с другими культурами, после заделки горчицы и рапса. [1]

Использование сидеральных культур в земледелии — альтернативный метод биологизированных технологий. В формировании зеленого удобрения решающая роль принадлежит вегетирующим растениям.

Легкие охристые вулканические почвы Камчатского края с промывным режимом подвержены быстрому развитию эрозионных процессов. Высокий отрицательный баланс питательных веществ в почве (130,1 кг д.в./га посевной площади, в том числе по азоту — 45,5, фосфору — 9,07, калию — 75,54 кг д.в./га) обусловлен выносом их с урожаем, сорняками и другими негативными факторами. Для повышения защитных свойств почвы необходимо включать в севооборот занятые и сидеральные пары. При выращивании картофеля по сидеральному пару энергетические затраты меньше на 27,9...30,0 %, чем с применением компостов. Отмечено положительное действие сидератов на структуру почвы — содержание макроагрегатов в пахотном горизонте 78...80 %. [10] Для сохранения почвенного плодородия важно использовать природные биологические средства с включением в севооборот много- и однолетних сидеральных культур (горчица белая, ячмень яровой, рапс, редька масличная, вика яровая), одновидовые и бинарные посева.

Цель работы — изучить действие и последствие двухкомпонентных смесей однолетних сидеральных культур на агрохимические, агрофизические свойства почвы и урожайность картофеля в севообороте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на экспериментальном поле Камчатского НИИСХ в 2017–2020 годах в стационарных опытах с севооборотом (сидеральный пар — картофель — картофель) в двух повторностях на охристой вулканической почве, легкой по гранулометрическому составу (нитратный и аммонийный азот — 2,2 и 4,0 мг/кг, подвижный

фосфор — 25,1, обменный калий — 80,0 мг/кг), pH — 6,0. Площадь под сидератами — 151,2, картофеля — 25,2 м². Почву перед посевом сидеральных культур обрабатывали дискованием на глубину 17 см дисковой бороной БДТ–3, выравнивали паровым культиватором, вносили минеральные удобрения (NPK)₉₀. Сеяли сидераты вручную, затем почву прикатывали гладкими водоналивными катками. Учет надземной массы проводили на пробных площадках, корне-познивной массы — путем отбора монолитов по методу Н.З. Станкова. Обработка почвы под картофель состояла также из дискования на глубину 17 см. С прямым действием сидератов удобрения вносили по схеме: 1. контроль — без удобрений, 2. — (NPK)₉₀. В опыте с последствием перед посадкой картофеля сорта Сантэ в борозды вносили (NPK)₉₀ общим фоном. Площадь питания — 75 клубней на 30 см, норма высадки 53 тыс. шт./га. Посадки обрабатывали гербицидом Зенкор 0,5 кг/га и фунгицидами Акробат МЦ 2,0 кг/га, Танос 0,6 кг/га.

Лабораторно-аналитические исследования почв и растений проводили по общепринятым методикам в земледелии и агрохимии. [3, 4, 8] За контроль были приняты одновидовые посева сидеральных культур: рапс яровой, горчица белая, редька масличная.

Таблица 2.

Урожайность картофеля при действии и последствии сидеральных культур, т/га

Вариант опыта	Урожайность по годам		По сравнению с одновидовыми посевами
	2018–2019 действие	2019–2020 последствие	
Рапс яровой	16,8	26,4	—
Рапс яровой + овес	17,7	27,0	+0,6
Рапс яровой + вика яровая	18,0	28,2	+1,8
Горчица белая	17,6	26,5	—
Горчица белая + овес	16,6	29,2	+2,7
Горчица белая + вика яровая	18,2	29,7	+3,2
Горчица белая + редька масличная	17,6	28,9	+2,4
Редька масличная	17,5	26,7	—
Редька масличная + вика яровая	19,2	31,0	+4,3
НСР ₀₅	3,1	4,2	

РЕЗУЛЬТАТЫ

Двухкомпонентные смеси сидеральных культур (рапс яровой + овес, рапс яровой + вика яровая, горчица белая + редька масличная) по урожайности биомассы (надземная часть + корне-поживные остатки) превысили однокомпонентные посевы рапса ярового и горчицы соответственно на 57,4, 65,9 и 39,4 % (табл. 1). Количество сухой биомассы в вариантах с сидеральными смесями существенно не отличалось от одновидовых посевов, разница – 0,07...4,24 т/га.

С биомассой двухкомпонентных смесей по сравнению с одновидовыми посевами в почву поступило азота больше на 11,00...91,40, фосфора – 17,65...72,55 кг/га. Содержание азота увеличилось с сидеральными смесями (рапс + овес, рапс + вика яровая, редька масличная + вика яровая) соответственно на 91,40 и 87,5 кг/га, чем с одним рапсом и редькой масличной. Больше фосфора поступило с сидеральными смесями: горчица белая + вика яровая и редька масличная + вика яровая – соответственно 278,31 и 312,90 кг/га, что превысило его количество в одновидовых посевах (горчица и редька) соответственно на 13,69 и 72,55 кг/га.

Урожайность картофеля в первый год после запашки сидератов из-за недостаточного разложения была по вариантам практически на одном уровне (табл. 2). Отмечена эффективность последствия сидеральных культур. Через два года после запашки сидеральной массы, вследствие ее минерализации, урожайность картофеля увеличилась на 9,2...12,6 т/га (52,6...75,9 %).

В последствии сидератов (третье поле севооборота) в фазе всходов картофеля содержание аммонийного азота было на уровне низких (12,8...15,2) и повышенных значений (18,9...27,9 мг/кг) в вариантах с горчицей белой и ее смесями (табл. 3). В фазе бутонизации количество аммонийного азота (последствие, двухкомпонентные и одновидовые посевы сидератов) было средним, к концу вегетации снизилось из-за интенсивного потребления растениями картофеля. Содержание нитратного азота в почве в начале вегетации соответствовало средним значениям, в период бутонизации – высоким во всех вариантах опыта, к концу вегетации – повышенным.

Содержание доступного фосфора варьировало от повышенных значений (126,0...150,0) до высоких (153,0...192,0 мг/кг) в последствии горчицы и горчицы в смеси с овсом, вики яровой и редькой масличной (табл. 4). Существенное повышение количе-

Таблица 3.
Динамика доступных форм азота в почве под картофелем, (третье поле севооборота), мг/кг

Вариант опыта	Всходы		Бутонизация		Конец вегетации	
	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃
Рапс яровой	13,4	30,2	26,1	89,1	4,9	66,0
Рапс яровой + овес	12,8	23,5	19,5	89,5	3,3	61,0
Рапс яровой + вика яровая	15,8	33,1	18,8	92,9	3,6	68,0
Горчица белая	18,9	24,6	19,1	100,0	4,9	46,8
Горчица белая + овес	21,9	23,4	26,5	95,5	3,6	56,6
Горчица белая + вика яровая	24,9	22,9	26,1	100,0	4,6	64,6
Горчица белая + редька масличная	27,9	37,2	21,9	100,0	3,3	61,7
Редька масличная	15,8	36,3	15,8	89,1	3,6	61,7
Редька масличная + вика яровая	15,2	31,6	29,8	91,2	2,9	65,9

Таблица 4.
Динамика доступного фосфора в почве под картофелем (третье поле севооборота), мг/кг

Вариант опыта	Всходы	Бутонизация	Конец вегетации
Рапс яровой	149,0	145,0	144,0
Рапс яровой + овес	126,0	126,0	140,0
Рапс яровой + вика яровая	131,0	155,0	150,0
Горчица белая	192,0	150,0	144,0
Горчица белая + овес	157,0	180,0	184,0
Горчица белая + вика яровая	172,0	195,0	195,0
Горчица белая + редька масличная	140,0	172,0	188,0
Редька масличная	126,0	164,0	149,0
Редька масличная + вика яровая	140,0	180,0	153,0

ства фосфора к концу севооборота свидетельствует об эффективности более длительной (два года) минерализации запашанной сидеральной массы. Если в начале севооборота пахотный слой почвы характеризовался низким содержанием нитратного азота (6,2 мг/кг почвы) и подвижного фосфора (25,1 мг/кг), то к концу оно повысилось соответственно на 61,0...66,0 и 150,0...195 мг/кг, что способствовало значительному увеличению урожайности картофеля.

В конце севооборота в пахотном горизонте с двухкомпонентными смесями макроагрегатов (10...0,5 мм) было больше, чем после одновидовых

Таблица 5.
Баланс азота, фосфора и калия за севооборот (2018–2020 годы), кг/га

Вариант опыта	Потупило			Вынос			Баланс		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Рапс яровой	297,80	335,41	345,6	214,37	16,62	333,3	+83,43	+318,79	+12,3
Рапс яровой + овес	328,99	327,04	395,4	237,22	17,59	321,1	+91,77	+309,45	+74,3
Рапс яровой + вика яровая	353,50	320,20	397,0	243,58	16,44	319,1	+109,92	+303,76	+77,9
Горчица белая	343,29	331,55	374,9	270,81	18,70	328,0	+72,48	+312,85	+46,9
Горчица белая + овес	355,78	330,41	383,7	326,20	17,24	339,8	+29,58	+313,17	+43,9
Горчица белая + вика яровая	370,90	404,39	402,7	249,28	18,20	396,9	+121,62	+386,19	+5,8
Горчица белая + редька масличная	299,17	355,44	398,2	298,23	21,89	400,7	+0,94	+333,55	–2,5
Редька масличная	286,76	395,24	365,8	291,87	16,50	349,5	–5,11	+378,74	+16,3
Редька масличная + вика яровая	359,93	435,42	375,0	272,64	16,05	359,9	+87,29	+419,37	+15,1

Таблица 6.
Энергетическая эффективность применения сидеральных (последствие) и минеральных удобрений под картофелем

Вариант опыта	Доза удобрения, кг/га д.в.	Урожайность, т/га	Энергия, МДж/га		
			получено с урожаем	затраты	эффективность
Горчица белая	90,00	26,55	97 173,00	54 500,00	42 673,00
Горчица белая + вика яровая	90,00	29,75	108 885,0	54 500,00	54 385,00
Горчица белая + редька масличная	90,00	30,75	112 545,0	54 500,00	58 045,00

сидератов на 2,8...3,6 % и составило 75,8...78,9 %. Плотность почвы была оптимальной для роста и развития картофеля — 0,60...0,68 г/см³.

Баланс основных питательных элементов в севообороте зависел от урожайности сидератов, внесенных минеральных удобрений, поступления азота, фосфора и калия с сидеральной массой, а также выноса с урожаем картофеля.

Положительный баланс азота сложился почти во всех вариантах опыта. Его увеличение с сидеральными смесями по сравнению с одновидовыми посевами составило 8,34...87,29 кг/га, наибольшим (109,92...121,62 кг/га) он был в двухкомпонентных смесях с присутствием бобовой культуры (табл. 5).

Поступление фосфора за ротацию севооборота со смесями (горчица + вика яровая и редька масличная + вика яровая) было выше, чем с одновидовыми посевами соответственно на 72,84 и 40,18 кг/га. Положительный баланс сложился во всех вариантах опыта с превышением в двухкомпонентных смесях (горчица белая + вика яровая и горчица белая + редька масличная) над чистым посевом горчицы соответственно на 73,37 и 22,73 кг/га. В смеси редьки масличной и вики яровой баланс превысил чистый посев редьки масличной на 40,63 кг/га.

За ротацию севооборота с сидеральными смесями поступление калия было больше, чем с одновидовыми сидератами на 8,8...51,4 кг/га. Величина выноса питательных элементов из почвы зависела от урожайности сухого вещества (ботва и клубни картофеля) и процентного содержания в них азота, фосфора и калия. Наибольший вынос калия отмечен в вариантах: горчица + редька масличная и горчица + вика яровая. Бездефицитный баланс калия находился в пределах 5,8...77,9 кг/га, исключение — горчица + редька масличная. Снижение величины положительного баланса калия по сравнению с азотом и фосфором можно объяснить высоким выносом его с урожаем картофеля.

Энергетическая эффективность в вариантах с двухкомпонентными смесями была выше, чем в одновидовом посеве соответственно на 11712,0 (24,4 %) и 15372,0 МДж/га (36,0 %), коэффициент энергетической эффективности составил 2,00 и 2,06 — в последствии сидеральных смесей, горчицы белой — 1,8 (табл. 6).

В результате исследований доказана эффективность сидеральных культур, как фактора повышения плодородия почвы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабичев, А.Н. Накопление питательных веществ в почве при возделывании картофеля летней посадки после сидеральных культур / А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский // Плодородие. — 2015. — № 5. — С. 37–38.
2. Бекузарова, С.А. Способ возделывания и уборки сидеральной культуры люпина. / С.А. Бекузарова, С.С. Басиев. // Патент на изобретение № 2549293. 21.05.2013.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
4. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1977. — 315 с.
5. Кузьминых, А.Н. Сидераты — важный резерв сохранения плодородия почвы / А.Н. Кузьминых // Земледелие. — 2011. — № 4. — С. 41.
6. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение, как фактор повышения плодородия почвы, биологизации и экологизации земледелия / В.Г. Лошаков // Плодородие. — 2018. — № 2. — С. 26–27.
7. Новосёлов, С.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте / С.И. Новосёлов, Е.С. Новосёлова // Плодородие. — 2012. — № 5. — С. 27–28.
8. Петухов, Е.А. Зоотехнический анализ кормов / Е.А. Петухов. — М.: Колос, 1981. — 280 с.
9. Чебоचाков, Е.Я. Дифференцированное использование приёмов биологизации земледелия в Средней Сибири / Е.Я. Чебоचाков // Земледелие. — 2013. — № 5. — С. 6–7.
10. Шалагина, Н.М. Применение сидеральных культур и органоминеральных удобрений в севообороте — эффективный способ повышения плодородия почвы / Н.М. Шалагина, Н.И. Ряховская // Плодородие. — 2018. — № 2. — С. 46–48.

LIST OF SOURCES

1. Babichev, A.N. Nakoplenie pitatel'nyh veshchestv v pochve pri vozdelevanii kartofelya letnej posadki posle sideral'nyh kul'tur / A.N. Babichev, V.A. Monastyrskij // Plodородие. — 2015. — № 5. — С. 37–38.
2. Bekuzarova, S.A. Sposob vozdelevaniya i uborki sideral'noj kul'tury lyupina. / S.A. Bekuzarova, S.S. Basiev. // Patent na izobretenie № 2549293. 21.05.2013.
3. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospekhov. — M.: Kolos, 1973. — 336 s.
4. Dospekhov, B.A. Praktikum po zemledeliyu / B.A. Dospekhov. — M.: Kolos, 1977. — 315 s.
5. Kuz'minyh, A.N. Sideraty - vazhnyj rezerv sohraneniya plodorodiya pochvy / A.N. Kuz'minyh // Zemledelie. — 2011. — № 4. — С. 41.
6. Loshakov, V.G. Zelenoe udobrenie, kak faktor povysheniya plodorodiya pochvy, biologizacii i ekologizacii zemledeliya / V.G. Loshakov // Plodородие. — 2018. — № 2. — С. 26–27.
7. Novosyolov, S.I. Effektivnost' sideral'nyh udobrenij v sevooborote / S.I. Novosyolov, E.S. Novosyolova // Plodородие. — 2012. — № 5. — С. 27–28.
8. Petuhov, E. A. Zootekhnicheskij analiz kormov / E.A. Petuhov. — M.: Kolos, 1981. — 280 s.
9. Chebochakov, E.Ya. Differencirovannoe ispol'zovanie priyomov biologizacii zemledeliya v Srednej Sibiri / E.Ya. Chebochakov // Zemledelie. — 2013. — № 5. — С. 6–7.
10. Shalagina, N.M. Primenenie sideral'nyh kul'tur i organomineral'nyh udobrenij v sevooborote — effektivnyj sposob povysheniya plodorodiya pochvy / N.M. Shalagina, N.I. Ryahovskaya // Plodородие. — 2018. — № 2. — С. 46–48.