

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ЗЕРНОПАРОВОМ ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

*А.В. Приходько, А.В. Черкашина, к.с.-х.н.,
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»
295034, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, д. 150,
тел.: +7(978)97-07-093, e-mail: prihodko_a@niishk.site*

Изучена эффективность сидерации различных культур в трехпольном полевом севообороте в засушливых условиях степного Крыма в 2016–2021 г. Озимые тритикале и рожь, донник и эспарцет песчаный максимально обогащали почву органическим веществом – 5,52–5,88 т/га. Донник и эспарцет аккумулировали в биомассе, соответственно, 156 и 142 кг/га азота, рожь – 37 фосфора, озимая злаково-бобовая смесь (тритикале, рожь, вика) – 148 кг/га калия. По злаково-бобовой смеси озимых культур, вики и фацелии урожайность зерна озимой пшеницы была максимальной – более 3,7 т/га с содержанием белка более 13,5 % (2-й класс). Последствие сидератов на продуктивность ячменя озимого было менее выраженным, урожайность зерна варьировала от 2,9 до 3,3 т/га. После сидерации бобовых культур в зерне ячменя содержалось больше белка. Производственные затраты, связанные с использованием зеленых удобрений, варьировали от 6,6 тыс. руб/га при сидерации фацелии до 19,3 тыс. руб/га – вики. Они в значительной степени зависели от стоимости посевного материала, для вики это достигало 67,5 % в структуре затрат. Самая низкая себестоимость зерновой единицы – 4,92 руб. при наибольшей чистой прибыли – 20,4 тыс. руб/га и рентабельности 187 % получена при использовании в качестве зеленого удобрения биомассы фацелии.

Ключевые слова: севооборот, сидерат, плодородие, урожайность, протеин, эффективность, рентабельность.

Для цитирования: Приходько А.В., Черкашина А.В. Эффективность использования сидеральных культур в зернопаровом полевом севообороте// Плодородие. – 2024. - №4. – С. 68-71. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.15.

В современной земледелии большое внимание уделяют разработке принципиально новых подходов к ведению аграрного производства. На смену интенсивным технологиям приходят ресурсосберегающие, природоохранные экологически безопасные, направленные на сохранение и повышение плодородия почвы, эффективное использование влаги и элементов питания [3, 5, 11].

В настоящее время важное место в агротехнологиях отводится приемам биологизации земледелия [7, 13]. Одним из способов улучшения агрофизических и агрохимических свойств почв, повышения урожая и улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур является использование зеленого удобрения, или сидератов [9, 14]. Применение в качестве органического удобрения биомассы этих культур позволяет активизировать прохождение микробиологических процессов и улучшить агрономические свойства почвы, обогатить ее органическим веществом, азотом, фосфором и калием в доступных растениям формах, а также микроэлементами [4, 10].

Эффективность сидератов зависит от почвенно-климатических и погодных условий, видового состава и способов использования биомассы. Более высокий эффект достигается при использовании их в системе севооборотов [6]. Сидеральные пары имеют ряд преимуществ относительно применения чистых паров без внесения навоза [1]. Поступившие в почву с зеленым удобрением элементы питания способствуют повышению урожайности не только первой, но и последующих культур севооборота. В результате запахивания сорных растений вместе с сидеральной культурой снижаются засоренность полей и поражение растений болезнями [1].

В аридных условиях при сидерации следует учитывать способность растений экономно использовать зимне-весенние запасы влаги в почве на формирование биомассы, максимально сохранив их к посеву зерновых культур [8, 12]. Мероприятия по повышению

плодородия почвы в засушливых условиях должны основываться на высокой культуре земледелия, обеспечивающей накопление и сохранение почвенной влаги, улучшение пищевого режима растений.

Цель исследований – дать оценку эффективности применения сидеральных паров различного видового состава при возделывании озимых зерновых культур в трехпольном зернопаровом севообороте в аридных условиях.

Методика. Исследования проводились ФГБУН «НИИСХ Крыма» в отделении полевых культур. В стационарном трехпольном зернопаровом севообороте с чередованием культур: 1 - пар сидеральный; 2 – пшеница озимая; 3 – ячмень озимый изучали агроценозы следующих сидератов: донника желтого, клевера лугового, эспарцета песчаного, ржи посевной, тритикале, вики паннонской, фацелии пижмолистной и травосмеси озимых культур (тритикале, рожь, вика). Исследования выполнены на черноземе южном карбонатном слабогумусированном (мощность гумусового горизонта до 40 см). Опыт проведен в трехкратной повторности во времени: первая – 2016–2019 г., вторая – 2017–2020 г. и третья – 2018–2021 г. Закладка опыта осуществлялась после проведения уравнительного посева ярового ячменя сорта Сталкер. Размещение вариантов опыта систематическое, повторность трёхкратная. Площадь делянки 720 м².

Донник, эспарцет и клевер подсеивали под покров уравнительного посева ярового ячменя. Озимые культуры (тритикале, рожь, вика и их смесь) высевали в третьей декаде октября, а фацелию – в первой декаде марта. Надземную фитомассу сидеральных культур скашивали и измельчали кормоуборочным комбайном в фазе начала колошения у злаковых и бутонизации – начала цветения у других культур. Заделку в почву проводили тяжелой дисковой бороной (глубина 10–15 см) в два следа.

Во втором поле севооборота высевали пшеницу озимую сорта Багира (норма высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га), а в третьем – ячменя озимого сорта Онега (норма высева 3,5 млн/га). Технологии выращивания озимых зерновых – общепринятые для степной зоны Крыма. Уборку озимых зерновых осуществляли комбайном Сампо-500.

Экономическую оценку эффективности использования сидеральных культур давали с учетом фактических затрат по технологическим картам возделывания культур в севообороте.

1. Поступление питательных веществ с биомассой сидератов и их содержание в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы (в среднем за 2017-2019 г.)

Сидеральная культура	Урожайность сухого вещества, т/га	Поступление с биомассой				Содержание в почве			
		органическое вещество, т/га	элементы питания, кг/га			гумус, %	элементы питания, г/кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Донник желтый	6,06	5,52	156	33	132	2,4	19,5	28,4	297
Клевер луговой	2,84	2,51	74	17	72	2,4	18,8	22,6	292
Эспарцет песчаный	6,00	5,56	142	35	142	2,5	22,8	27,3	304
Тритикале	6,16	5,72	81	34	126	2,5	12,0	28,2	303
Рожь посевная	6,30	5,88	99	37	132	2,5	17,9	26,0	300
Вика паннонская	4,40	3,97	105	22	123	2,4	17,1	29,4	270
Фацелия пижмолистная	2,03	1,61	46	12	66	2,6	14,6	32,7	327
Смесь озимых	5,34	4,83	108	34	148	2,4	15,7	27,8	291
НСР ₀₅	0,95	0,86							

Наибольшее количество азота после сидерации поступило в почву с биомассой донника и эспарцета, фосфора – после ржи, а калия – после злаково-бобовой смеси озимых культур.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы варьировало от 2,4 до 2,6 %. Наибольшее содержание нитратного азота наблюдалось после эспарцета, донника и клевера. Максимальное накопление подвижных форм фосфора и калия отмечено после фацелии. Она лучше других изучаемых культур поглощает элементы питания из труднорастворимых соединений почвы.

В засушливых условиях одной из основных задач паровых предшественников является накопление почвенной влаги. Однако анализ влагообеспеченности растений сидеральных культур показал, что во время вегетации их агроценозы активно использовали зимне-весенние запасы влаги. Особенно интенсивно эти процессы проходили после достижения злаковыми травами фазы развития выход в трубку, а культур других семейств – ветвление. В ранневесенний период запасы влаги в метровом слое почвы под многолетними травами составляли 98–107 мм, а под озимыми и ранними яровыми культурами – 84–91 мм. Перед сидерацией они снизились, соответственно, до 35–50 и 26–46 мм. Незначительное количество атмосферных осадков во время проведения исследований в летний период не обеспечило накопления влаги, и перед посевом озимой пшеницы наблюдался ее дефицит в метровом слое почвы. Самые низкие влагозапасы отмечены после сидеральных паров из тритикале и эспарцета – 37 мм, наиболее высокие – 52 мм - после вики. На протяжении осенне-зимнего периода содержание продуктивной влаги в почве увеличилось за счет выпадения атмосферных осадков и низкой транспирации. Ко времени возобновления весенней вегетации озимой пшеницы влагозапасы в метровом слое почвы составили 101–113 мм, что, согласно шкале А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной [2], оценивается как удовлетворительные.

Результаты и их обсуждение. Ценность зеленых удобрений в значительной степени определяется величиной урожая их биомассы и химическим составом растений. По урожайности биомассы выделились фитоценозы озимых злаковых (тритикале, рожь) и многолетних бобовых трав (донник, эспарцет), которые формировали 6,0–6,3 т/га сухого вещества (табл. 1). Эти культуры оставляли после себя максимальное количество органического вещества. Самая низкая урожайность сухого вещества и минимальное поступление его в почву отмечены в агроценозах фацелии и клевера.

Во втором поле севооборота более высокая урожайность зерна озимой пшеницы формировалась после смеси озимых культур, а наименьшая – после тритикале (табл. 2).

2. Влияние видового состава сидеральных культур на урожайность и качество зерна озимых культур

Сидеральная культура	Урожайность, т/га		Содержание белка в зерне, %	
	пшеница*	ячмень**	пшеница*	ячмень**
Донник желтый	3,31	3,08	14,2	12,4
Клевер луговой	3,34	3,26	13,2	11,3
Эспарцет песчаный	3,41	3,20	14,5	11,8
Тритикале	3,11	3,09	11,2	10,2
Рожь посевная	3,39	2,97	11,3	10,3
Вика паннонская	3,76	2,93	13,8	11,9
Фацелия пижмолистная	3,71	2,96	13,5	11,3
Смесь озимых	3,84	3,04	12,6	10,9
НСР ₀₅	0,49	0,44		

*Среднее за 2018–2020 г. **Среднее за 2019–2021 г.

Урожайность ячменя в третьем поле севооборота не зависела от видового состава сидератов.

Сидеральные культуры оказали влияние на качество зерна озимых культур. Наиболее высокое содержание белка в зерне пшеницы – более 13,5 %, что, согласно ГОСТ 9353–2016, соответствует зерну второго класса; получено после донника, эспарцета, вики и фацелии. После клевера и смеси озимых культур зерно по данному показателю относилось к третьему классу, а после сидерации тритикале и ржи содержание протеина в зерне снизилось до четвертого класса.

В результате последствия сидерации бобовых культур: донника, эспарцета и вики более высокое содержание протеина получено и в зерне ячменя. А после злаковых сидератов (тритикале и рожь) снизилось. Наименьшая натурная масса зерна ячменя – менее 570 г/л - отмечена после бобовых культур: вики, эспарцета, клевера и

донника, а наибольшая – 586 г/л ячменя, выращенного после фацелии.

Применение зеленого удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур сопровождается дополнительными производственными затратами, которые должны быть экономически оправданными и окупаться прибавкой урожая.

Затраты, связанные с использованием зеленого удобрения, в значительной степени зависят от стоимости посевного материала, издержек по измельчению и заделке биомассы сидератов в почву. В наших исследованиях они варьируют от 6,6 тыс. руб/га при сидерации фацелии до 19,3 тыс. руб/га – вики (табл. 3).

3. Производственные затраты на выращивание и заделку в почву биомассы сидератов (в среднем за 2017-2019 г.)

Культура	Затраты, тыс. руб.			Структура основных затрат, %		
	на 1 га	на 1 т сух. в-ва	на 1 т орг. в-ва	оплата труда	стоимость ТСМ	стоимость семян
Донник желтый	7,01	1,16	1,28	17,1	54,0	19,8
Клевер луговой	7,30	2,57	2,91	16,5	52,2	22,2
Эспарцет песчаный	12,0	2,00	2,15	10,1	31,9	48,9
Тритикале	8,12	1,32	1,42	12,4	42,9	35,6
Рожь посевная	8,11	1,29	1,38	12,5	42,9	35,5
Вика паннонская	19,25	4,38	4,85	5,3	18,1	67,5
Фацелия пажитлистая	6,55	3,23	4,07	12,5	47,9	30,5
Смесь озимых	13,64	2,55	2,82	7,4	25,6	57,9

Наименьшие производственные затраты на внесение 1 т сухого вещества и органического вещества отмечены при сидерации биомассы донника, ржи и тритикале, а максимальные затраты - после вики.

При расчете экономической эффективности использованы рыночные цены на семена сидеральных культур, сложившиеся в период проведения исследований. Наименьшая стоимость гектарной нормы семян – 1,4–1,6 тыс. руб. у донника и клевера, что занимает в структуре общих затрат около 20 %, а максимальная у вики – 13 тыс. руб., или 67,5 %. Именно этот показатель и обуславливает повышение общих затрат при сидерации вики до 19,3 тыс. руб/га, что в 1,4–2,9 раза больше относительно других сидеральных культур. Поэтому при введении системы сидерации очень важно самостоятельно производить семена этих культур, а не закупать их по рыночным ценам. Минимальные производственные затраты на заделку 1 т органического вещества, поступающего в почву с сидератами, получены при использовании ржи, тритикале и донника, а максимальные – после озимой вики.

При возделывании озимой пшеницы минимальную себестоимость зерна обеспечила сидерация фацелии (табл. 4).

Самые низкие экономические показатели получены при использовании на зеленое удобрение биомассы вики.

Минимальная себестоимость зерна, максимальные чистая прибыль и уровень рентабельности получены при

выращивании озимого ячменя после клевера. Самая высокая себестоимость зерна – при сидерации вики.

4. Экономическая эффективность выращивания озимых зерновых культур в севообороте с сидеральным паром

Сидеральная культура	Производственные затраты, тыс. руб/га	Себестоимость продукции, тыс. руб/т	Чистая прибыль, тыс. руб/га	Уровень рентабельности, %
<i>Озимая пшеница, среднее за 2018-2020 г.</i>				
Донник желтый	16,8	5,07	32,9	196
Клевер луговой	16,9	5,07	33,2	196
Эспарцет песчаный	20,0	5,87	31,1	155
Тритикале	17,5	5,62	29,2	167
Рожь посевная	17,5	5,15	33,4	191
Вика паннонская	24,9	6,62	31,5	127
Фацелия пажитлистая	16,4	4,43	39,2	239
Смесь озимых	21,2	5,51	36,4	172
<i>Озимый ячмень, среднее за 2019-2021 г.</i>				
Донник желтый	16,6	5,38	23,5	142
Клевер луговой	16,6	5,11	25,7	155
Эспарцет песчаный	18,2	5,69	23,4	129
Тритикале	16,9	5,48	23,2	137
Рожь посевная	16,9	5,70	21,7	128
Вика паннонская	20,6	7,04	17,5	85
Фацелия пажитлистая	16,4	5,54	22,1	135
Смесь озимых	18,8	6,17	20,8	111

Максимальный сбор зерновых единиц получен при сидерации смеси озимых культур, а минимальный – после тритикале. По сбору зерновых единиц культура ярового посева – фацелия, существенно не уступает клеверу, эспарцету, вике и смеси озимых. Эта культура характеризуется низкой продуктивностью биомассы, она меньше использует питательных веществ из почвы и в то же время преобразует труднодоступные соединения фосфора и калия в подвижные формы, обеспечивая их максимальное поступление в почву по сравнению с другими сидератами (табл. 5).

5. Эффективность использования сидератов за ротацию севооборота (в среднем за 2017–2021 г.)

Сидеральная культура	Сбор зерновых единиц, т/га	Себестоимость зерновой единицы, руб.	Чистая прибыль, тыс. руб/га	Рентабельность, %
Донник желтый	2,13	5,22	18,8	169
Клевер луговой	2,20	5,09	19,6	175
Эспарцет песчаный	2,20	5,78	18,2	143
Тритикале	2,07	5,55	17,5	152
Рожь посевная	2,12	5,41	18,4	160
Вика паннонская	2,23	6,80	16,3	108
Фацелия пажитлистая	2,22	4,92	20,4	187
Смесь озимых	2,29	5,80	19,1	143
НСР ₀₅	0,12			

Самая низкая себестоимость зерновой единицы получена при использовании в качестве зеленого удобрения биомассы фацелии. После сидерации вики себестоимость зерновой единицы наиболее высокая, чистая прибыль и рентабельность низкие.

Выводы. В аридных условиях степного Крыма в первом поле севооборота фитоценозы сидератов – озимых тритикале и ржи, донника и эспарцета - сформировали максимальный урожай сухого вещества 6,00–6,30 т/га и максимально обогащали почву органическим веществом (5,52–5,88 т/га). Донник и эспарцет аккумулировали в биомассе, соответственно, 156 и 142 кг/га азота, рожь – 37 кг/га фосфора, озимая злаково-бобовая смесь (тритикале, рожь, вика) – 148 кг/га калия.

Во втором поле севооборота более высокая урожайность зерна озимой пшеницы формировалась после злаково-бобовой смеси озимых культур, вики и фацелии – более 3,7 т/га. Самое высокое содержание белка в зерне пшеницы – более 13,5 % (второй класс) - получено после донника, эспарцета, вики и фацелии.

Последствие сидератов на продуктивность ячменя озимого было менее выраженным, урожайность зерна варьировала от 2,9 до 3,3 т/га. При сидерации бобовых культур в зерне ячменя содержалось больше белка (11,8–12,4 %).

Производственные затраты, связанные с использованием зеленых удобрений, варьировали от 6,6 тыс. руб/га при сидерации фацелии до 19,3 тыс. руб/га – вики. Они в значительной степени зависят от стоимости посевного материала, для вики составляют 67,5 % в структуре затрат.

Максимальный сбор зерновых единиц – 2,29 т/га севооборотной площади – получен при сидерации смеси озимых культур.

Минимальная себестоимость зерновой единицы – 4,92 руб. при наибольшей чистой прибыли – 20,4 тыс. руб/га и рентабельности – 187 % получена при использовании в качестве зеленого удобрения биомассы фацелии. После сидерации вики себестоимость зерновой единицы наивысшая – 6,80 тыс. руб/т.

Литература

1. Андрейченко, Л.В. Сидеральные пары для севооборотов Юга Украины / Л.В. Андрейченко // Приоритетные направления развития современной науки молодых учёных аграриев: материалы V-ой международной научно-практической конференции молодых учёных,

посвящённые 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», с. Солёное Займище, 11–13 мая 2016 года. – с. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. – С. 14-16.

2. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

3. Гулянов, Ю.А. Современный уровень природосбережения и пути воспроизводства почвенных ресурсов в зональных агротехнологиях постцелинных регионов Урала и Западной Сибири / Ю.А. Гулянов // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1(25). – С. 73-84. – DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-73-84.

4. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение как фактор повышения плодородия почвы, биологизации и экологизации земледелия / В.Г. Лошаков // Плодородие. – 2018. – № 2 (101). – С. 26–29.

5. Монтгомери, Д.Р. Почва. Эрозия цивилизаций. Анкара: ФАО Субрегиональное отделение по центральной Азии, 2015. – 409 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i4603r.pdf> (дата обращения 15.02.2020).

6. Новоселов, С.И. Влияние севооборота и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы / С.И. Новоселов // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2017. – Т. 3. - № 1. – С. 60-65.

7. Осенний, Н.Г. Перспективы развития органического земледелия в Республике Крым / Н.Г. Осенний, А.В. Ильин, Л.С. Веселова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (65). – С. 11-13.

8. Паштейцкий, В. С. Использование сидератов для воспроизводства плодородия почв в условиях степного Крыма / В.С. Паштейцкий, А.В. Приходько // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5(79). – С. 44-46.

9. Приходько, А.В. Влияние фитомелиорантов на показатели плодородия чернозема южного / А.В. Приходько, А.В. Черкашина, Н.В. Караева // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3(31). – С. 159-170.

10. Приходько, А.В. Сидерация как фактор биологизации земледелия / А.В. Приходько, А.В. Черкашина, Н.В. Караева // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: Сб. докладов V Международной научно-практической конференции, Курск, 21–23 июня 2023 года. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023. – С. 310-313.

11. Рухович, О.В. Результаты изучения системы земледелия прямого посева в Центральной степи Крыма / О.В. Рухович, Е.Н. Турин, Е.Л. Турина, К.Г. Женченко, А.А. Гонгало, А.Н. Сусский // Плодородие. – 2022. – № 4(127). – С. 33-37. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.10.

12. Цандур, Н.А. Сидеральные пары Степи Украины / Н.А. Цандур, В.В. Друзьяк, С.И. Бурыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 37-46.

13. Baibekov, R.F. Biologization of fertilizer systems: a step towards organic farming / R.F. Baibekov, A.N. Esaulko, O.Yu. Lobankova et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9., Iss. 4. – P. 1694-1701.

14. Rani, K. Legumes for Sustainable Soil and Crop Management / K. Rani, P. Sharma, S. Kumar et al. // Sustainable Management of Soil and Environment. – 2019. – P. 193-215. DOI 10.1007/978-981-13-8832-3_6.

EFFICIENCY OF DIFFERENT GREEN MANURE CROPS IN GRAIN-AND-FALLOW CROP ROTATION

A.V. Prikhodko, A.V. Cherkashyna, Cand. Sci. (Agr.)
FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”
150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295034, Russia;
Tel.: +7(978)97-07-093, e-mail: prihodko_a@niishk.site

In the course of the current research, we studied the efficiency of usage of different green manure crops in a three-field crop rotation under arid conditions of the Steep Crimea. All studies and observations were conducted between 2016 and 2021. Winter triticale and rye, as well as sweet clover and sainfoin, demonstrated the greatest potential for organic matter input to the soil (5.52-5.88 t/ha). Sweet clover and sainfoin were found to be the most efficient nitrogen providers (156 and 142 kg/ha, respectively), while the greatest quantities of phosphorus (37 kg/ha) and potassium (148 kg/ha) were supplied by rye and winter cereal-legume mixture. The highest yield of winter wheat grain was obtained when winter cereal-legume mixture was used as a green manure (3.7 t/ha). Similar results were obtained at fields where vetch and phacelia were used as green manure crops. After using sweet clover, sainfoin, vetch and phacelia as green manure crops, more than 13.5 % protein in wheat grain (which corresponds to the second-class grain) was obtained. Barley yield did not depend on the green manure species composition and was within 2.9-3.3 t/ha. It is noteworthy that the protein content of the barley grain was higher after the use of sweet clover, sainfoin and vetch, with values ranging from 11.8 to 12.4 %. Production costs associated with the use of green fertilizers were found to vary considerably, from 6.6 thousand RUB/ha for phacelia to 19.3 thousand RUB/ha for vetch. The cost of seed constituted a significant proportion of the overall cost structure; for vetch, for instance, this reached 67.5 %. The lowest cost of a grain unit (4.92 RUB) with the highest net profit (20.4 thousand RUB/ha) and profitability (187%) was obtained after the use of phacelia biomass as a green fertiliser.

Keywords: crop rotation, green manure crops, soil fertility, yield, protein, efficiency, profitability.