УДК 631.582: 631.8: 631.45: 631.445.25 DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.12

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ В ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Н.Ф. Балабанова, к.с.-х. н., Н.А. Воронкова, д.с.-х. н., С.Ю. Храмов,
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26, natascha.balabanowa@mail.ru

В стационарном опыте проведена оценка состояния плодородия серой-лесной оподзоленной почвы в зависимости от вида пара в севообороте и применения минеральных удобрений и продуктивности агроценозов. Схема опыта двухфакторная (2 х 2). Фактор А – семипольные зернопаротравяные севообороты №1 и №2, различающиеся видом пара. Фактор В – минеральные удобрения: 1) без удобрений ($У_0$); 2) $N_{23}P_{17}K_{17}$ ($У_1$). Период наблюдений составлял 17 лет (2006-2022 г.). Выявлено, что введение многолетней бобовой культуры (клевера) в севооборот с чистым паром стабилизировало содержания гумуса на уровне исходного его количества – 3,37%. При замене чистого пара на сидеральный (рапс) отмечена тенденция к увеличению (на 0,15%) содержания гумуса. Систематическое применение фосфорсодержащих удобрений в севооборотах в дозе P_{17} обеспечивало положительный баланс этого элемента в почве. Установлено, что в условиях подтаежной зоны на серых лесных почвах при замене чистого пара на сидеральный продуктивность зернопаротравяных севооборотов существенно не различалась.

Ключевые слова: серая лесная почва, предшественник, сидерация, минеральные удобрения, плодородие почвы, продуктивность.

Для цитирования: *Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Храмов С.Ю.* Эффективность предшественника и удобрений в севообороте в подтаежной зоне Омского Прииртышья// Плодородие. – 2026. – №4. – С. 62-65.
DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.12.

Нечернозёмная зона Омского Прииртышья – северная часть региона, представлена в основном дерново-подзолистыми, серыми лесными и луговыми почвами, характеризующимися низким уровнем плодородия [3, 9]. Естественное плодородие серых лесных почв, основных для зональных агроландшафтов тайги, не может обеспечить высокий рост урожайности сельскохозяйственных культур. Низкая гумусированность почвы, дефицитное содержание обменного калия, минерального азота, неблагоприятные агрофизические свойства требуют преобразования природных свойств почвы – её окультуривания [8, 12].

Применение удобрений в севообороте –неотъемлемое условие эффективного хозяйствования на перспективу. Еще один способ сохранения плодородия почвы – это замена чистого пара на сидеральный. В настоящее время сформировалось устойчивое мнение [7], что введение в севооборот чистого пара приводит к деградации эффективного и потенциального плодородия почв, за счет снижения поступления органического вещества и повышения скорости его минерализации, что в итоге сказывается на продуктивности агроценоза. Сидерация, как альтернатива замены чистого пара – действенный прием сохранения плодородия почвы, это обусловлено ее полифункциональным положительным воздействием на почву, которое способствует активизации пула микробиоты; снижению миграции элементов питания растений за пределы корнеобитаемого слоя и сокращению их дефицита; улучшению её физических свойств, таких как водопроницаемость, влагоемкость, связность и плотность. Кроме того, сидерация позволяет частично сократить использование энергоемких синтетических минеральных азотных удобрений [2-4, 6]. В связи с этим изучение предшественников в комплексе с применением удобрений в условиях Нечернозёмной зоны Омского Прииртышья определило актуальность темы, целесообразность исследований и научную новизну представленных результатов.

Цель исследования – выявить влияние длительного применения удобрений в севооборотах с чистым и сидеральным паром на качественные и количественные изменения отдельных элементов плодородия серой лесной почвы и продуктивность агроценозов в условиях Омского Прииртышья.

Методика. На территории Омской области выделяют две основные геоботанические зоны. На севере простирается таёжная зона, представленная подзонами южной тайги и подтайги. На юге располагается степная зона, которая, в свою очередь, делится на лесостепную и степную подзоны.

Климат таежной зоны типично континентальный, характеризуется относительно благоприятным режимом увлажнения и недостаточной теплообеспеченностью. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,5 [1].

Среднемноголетние значения температуры воздуха и количества выпавших осадков за вегетационный период представлены в таблице1.

1. Среднемноголетние температура воздуха и количество выпавших осадков

Показатель	Май	Июнь	Июль	Август
Средняя многолетняя сумма осадков, мм	39	59	65	62
Средняя многолетняя температура воздуха, °С	10,2	16,6	18,8	15,2

На опытном поле отдела северного земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ» (подтаёжная зона Омского Прииртышья) с 1999 г. в длительном стационарном опыте проводятся исследования по оценке эффективности систем удобрения в зависимости от специализации севооборотов и вида предшественника.

Почва опытного участка – серая лесная оподзоленная среднемощная суглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) в слое 0-20 см 3,0-3,5%, реакция среды – слабокислая (pH 5,5-5,7). Обеспеченность почвы нитратным азотом низкая, подвижным фосфором и калием (по Кирсанову) средняя и низкая.

Схема эксперимента (2 х 2) реализована в стационарном опыте (табл. 2).

2. Система применения минеральных удобрений в севооборотах

Фактор А – севообороты		Фактор В – внесение минеральных удобрений
№1	№2	
Чистый пар	Сидеральный пар	0
Озимая рожь	Озимая рожь	N_{40}
Ячмень	Яровая пшеница	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Мн. травы	Мн. травы	0
Мн. травы	Мн. травы	0
Яровая пшеница	Ячмень	0
Овес	Овес	$N_{60}P_{60}K_{60}$
***Сумма* за ротацию**		$N_{160}P_{120}K_{120}$
Итого на гектар севооборотной площади		$N_{23}P_{17}K_{17}$

Примечание. Дозы минеральных удобрений в севооборотах идентичные.

Повторность в опыте 4-кратная, размещение вариантов рендомезированное, площадь делянки 72 м^2 (4 х 18).

Агротехника зональная. Минеральные удобрения (аммиачную селитру, аммофос, хлористый калий) вносили со второй ротации севооборотов, локально до посева. Высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур селекции Омского аграрного научного центра. Рапс на сидерат высевали в первой декаде июня, запахивали во второй декаде июля в фазе цветения. Уборку проводили в оптимальные сроки комбайном Sampo 130.

Отбор почвенных проб проведен перед посевом культур севооборота из слоя 0-20 см. Общий углерод определяли по Тюрину в модификации Никитина. Нитратный азот – по Грандваль-Ляжу, подвижный фосфор и обменный калий – из одной вытяжки по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, валовой азот – по Къелъдалю-Иодельбауэру.

Полученные результаты исследования обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализов.

Результаты и их обсуждение. По результатам диагностики плодородия почвы перед закладкой стационарного опыта установлено, что в слое 0–20 см содержание гумуса не превышало 3,40%, что соответствует низкому уровню обеспеченности почвы органическим веществом (рис. 1). К концу первой ротации севооборота №1 отмечено снижение гумуса на 0,33%, обусловленное введением почвы в активное землепользование. При этом происходят перемешивание верхнего плодородного слоя, интенсифицируя процессы минерализации в почве, и ежегодное отчуждение определенной доли питательных веществ с сельскохозяйственной продукцией.

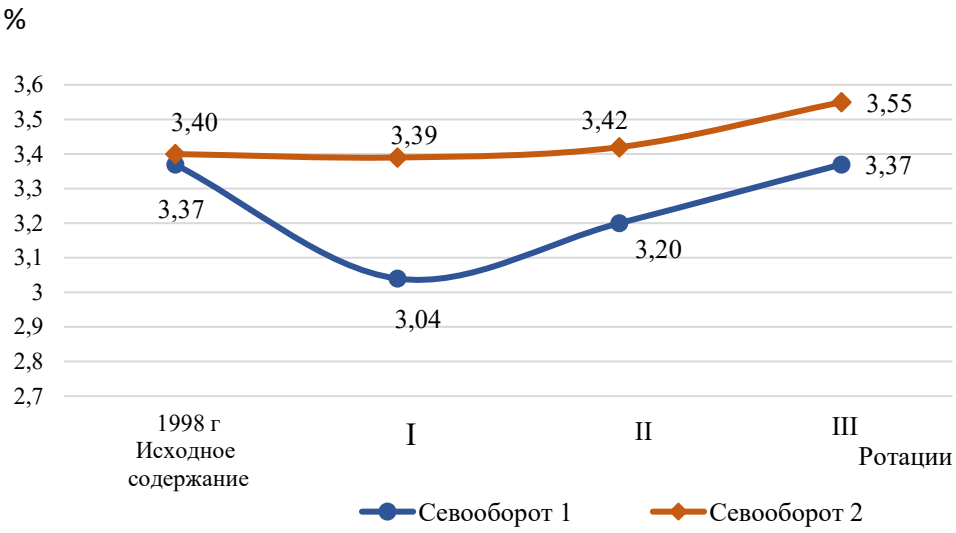


Рис. 1. Влияние вида пара в севообороте на динамику содержания гумуса в почве, %, (2003-2022 гг.)

В исследованиях на серых лесных почвах Подмосковья было установлено, что сокращение притока органического вещества в почвенный профиль спровоцировало возникновение отрицательного баланса углерода – ситуации, при которой его потери превышали поступление. В семипольном севообороте №2 содержание гумуса в почве после первой ротации фактически не изменилось, и было стабильно в течение 14 лет (2-х ротаций) – 3,39-3,42 %, при исходном содержание его – 3,40%. Влияние фактора «севооборот» на гумусообразование по-разному проявилось в изучаемых агроценозах.

Различие севооборотов по виду парового предшественника (чистый и сидеральный пар), определяющее приходную статью органического вещества в почву, установило тренд этого процесса. В севообороте с чистым паром наблюдалась тенденция к повышению содержания гумуса до 3,20 % после второй ротации, и по окончании третьей – содержание гумуса в почве выравнялось до исходного количества. Во втором севообороте после стабильной фазы к третьей ротации прирост гумуса в почве составил 0,13 %. Считаем, что консервирующим фактором содержания гумуса в серой лесной почве (на уровне исходного содержания) является введение в севооборот (28%) бобовых трав – клевера. О положительной роли бобовой культуры в научной литературе имеется достаточно информации [5, 10]. Многолетние бобовые травы (клевер, люцерна, эспарцет и др.) и их смеси со злаковыми травами обладают способностью повышать почвенное плодородие. При введении бобовых культур в севообороты в круговорот активно вовлекается биологический азот, благодаря их азотфиксирующей способности происходит накопление биологического азота, что в свою очередь позволяет сократить дозы вносимых удобрений.

Стабилизация и повышение содержания гумуса в почве в севообороте №2 объясняются посевом сидеральной культуры. Урожайность сухого вещества к моменту запашки составила 3,60 т/га, причем на минеральном фоне она была на 49% выше (табл.3). Следует отметить, что при запашке этой органической массы в биологически

активный слой почвы пул азота увеличивается на 76-115 кг/га, фосфора – 32-59 и калия – 173-279 кг/га. Сидеральный пар, по мнению [11] в сравнении с чистым имеет преимущества, так как зеленые удобрения являются существенным источником органического вещества почвы [2]. В то же время имеются опытные данные, согласно которым сидераты способствовали лишь поддержанию гумуса в почвах на исходном уровне [13].

3. Урожайность вегетативной массы рапса, т/га сухого вещества

Вариант	Урожайность	Содержание, %			Запасы, кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
$У_0$	3,60	2,1	0,9	4,8	76	32	173
$У_1$	5,36	2,2	1,1	5,2	115	59	279

В севообороте с чистым паром применение минеральных удобрений положительно отразилось на гумусонакоплении (табл. 4). Содержание гумуса в удобренном варианте возросло на 0,19 % в сравнении с неудобренным фоном, а в севообороте №2 гумусный статус был идентичный 3,52-3,55% на обоих фонах удобренности. Увеличение содержания гумуса в удобренном варианте севооборота №1 обусловлено, вероятно, бóльшим количеством органического вещества в приходной статье баланса, чем на контроле.

4. Содержания гумуса в почве в зависимости от вида пара в севообороте и удобрений, % (в среднем за 2019-2022 г.)

Вариант	Севооборот 1	Севооборот 2
Без удобрений	3,37	3,55
$N_{30}P_{45}K_{45}$	3,56	3,52

Одним из важнейших показателей, характеризующих качество гумуса, является соотношение содержащихся в нём углерода к азоту (C:N). Установлено, что изучаемый параметр демонстрирует устойчивую изменчивость в интервале 10,2–11,4. Подобная динамика служит индикатором особенностей формирования гумусового профиля в конкретных экологических условиях (рис.2).

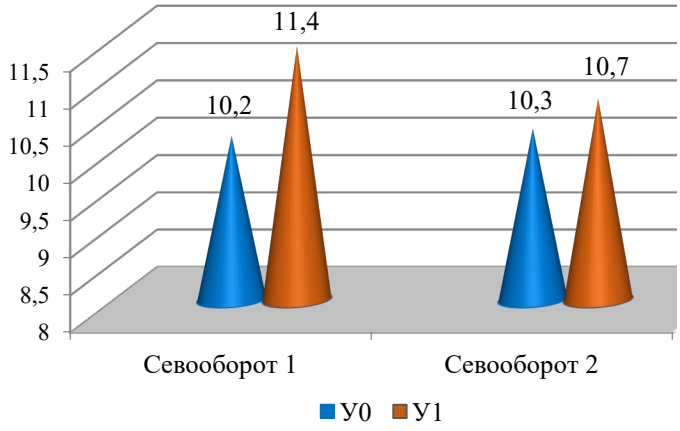


Рис. 2. Обогащенность гумуса азотом (C:N) в зависимости от вида пара в севообороте и удобрений

Минимальная обогащенность (более 11 ед.) гумуса, согласно градации [6], отмечена в севообороте с чистым паром на минеральном фоне. В остальных вариантах опыта обогащенность гумуса азотом была средняя. Следует отметить, что в обоих севооборотах скорость разложения биомассы, поступающей в почву, идет активно (C:N <20), азот высвобождается в доступной форме.

В ходе оценки показателей эффективного плодородия, включающих содержание нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия, выявлено, что основным фактором, определяющим уровень обеспеченности почвы нитратным азотом и подвижным фосфором, выступают минеральные удобрения. Влияние вида пара в севообороте на данные показатели не подтвердилось (табл. 5).

5. Содержание элементов минерального питания в слое почвы 0-20 см (в среднем за 2019-2022 г.)

Показатель	Севооборот №1		Севооборот №2	
	$У_0$	$У_1$	$У_0$	$У_1$
Содержание $N\text{-}NO_3$ /запасы $N\text{-}NO_3$	6,4/29,4	8,2/37,7	5,5/25,3	6,6/30,4
Содержание P_2O_5/запасы P_2O_5	117/257	160/352	123/271	183/403
Содержание K_2O /запасы K_2O	51/111	56/122	60/131	62/136

Результаты агрохимического обследования свидетельствуют о дефиците нитратного азота в почве севооборота: его запасы перед посевом составили не более 37,7 кг/га. Применение удобрений позволило повысить концентрацию $N\text{-}NO_3$ на 20–28% относительно контрольного варианта. В то же время обеспеченность подвижным фосфором на неудобренных участках оценивается как повышенная (117–123 мг/кг), что может служить благоприятным фактором для роста культур при условии оптимизации азотного питания. Систематическое применение фосфорных удобрений в дозе P_{17} привело к увеличению содержания подвижного фосфора на 43-60 мг/кг почвы. Анализ полученных данных показывает, что запасы фосфора в почве обеспечивают необходимую продуктивность севооборотов, и потребность культур в данном элементе незначительна.

Для серой лесной почвы типична низкая концентрация обменного калия (50,6–61,7 мг/кг, по методу Кирсанова). Многолетнее применение (21 год) калийных удобрений в дозе K_{17} не привело к дифференциации вариантов по обеспеченности элементом. Наблюдаемая закономерность обусловлена физико-химическими свойствами почвенной разности, влияющими на динамику и фиксацию калия.

В системе оценки агротехнологических приёмов ключевым интегрированным показателем эффективности являются урожайность возделываемых культур и продуктивность севооборотов в целом. Данные параметры аккумулируют влияние всех применяемых средств интенсификации и дают объективную картину их результативности.

Оценка эффективности предшественника озимой пшеницы в севооборотах показала, что урожайность культуры в контрольном и удобренном вариантах была, соответственно, на 0,54; 0,56 т/га зерна меньше при посеве её по сидеральному пару в сравнении с чистым (табл. 6).

6. Урожайность озимой ржи в зависимости от вида пара в севообороте и удобрений (в среднем за 2019-2022 г.)

Севооборот (фактор А)	Вариант (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка от фактора	
			А	В
№1	$У_0$	3,49	-	-
	$У_1$	4,18	-	0,69
№2	$У_0$	2,95	-0,54	-
	$У_1$	3,62	-0,56	0,67
НСР $_{05}$		0,31	0,25	0,27

Основная причина снижения урожайности – короткий период между заделкой сидеральной массы в почву и посевом озимой культуры. В этот период в почве превалируют в основном процессы иммобилизации азота – временный процесс, связанный с активностью микроорганизмов и соотношением углерода и азота в растительных остатках. Растения пшеницы в начальный период онтогенеза, вероятно, испытывали дефицит азотного питания. Со временем, по мере разложения органической массы, азот минерализуется и становится доступным для последующих культур. Продуктивность севооборотов, представленная в таблице 7, подтверждает это.

7. Продуктивность зерновых культур в зависимости от вида пара в севообороте и удобрений, т/га зерна (в среднем за 2020-2022 г.)

Севооборот (фактор А)	Вариант (фактор В)	Продуктивность	Прибавка от фактора	
			А	В
№1	$У_0$	2,73	-	-
	$У_1$	3,15	-	0,42
№2	$У_0$	2,48	-0,25	-
	$У_1$	3,22	0,07	0,74
НСР $_{05}$		0,27	0,25	0,23

В результате исследований установлено, что выход зерна в севооборотах с чистым и сидеральным парами существенно не различался. Применение минеральных удобрений нивелировало фактор предшественника (разница продуктивности составила 0,07 т/га зерна). Прибавка продуктивности зерновых культур зависела от вида пара в севообороте. В севообороте №1 дополнительно получено 0,42 т/га зерна при агрономической окупаемости 5,6 кг зерна на 1 кг удобрений, в севообороте № 2 – 0,74 т/га зерна при агрономической окупаемости 9,9 кг зерна.

Оценка в целом целесообразности применения сидерации на серой лесной оподзоленной почве в подтаёжной зоне Омского Прииртышья в большей степени указывает на положительный эффект от этого агроприёма. Несмотря на отсутствие существенной прибавки продуктивности культур, наблюдаются компенсация дефицита органического вещества, повышение окупаемости удобрений, что способствует устойчивому земледелию в регионе.

Заключение. Исследования, проведенные в стационарном опыте на серой лесной оподзоленной почве в подтаежной зоне Омского Прииртышья, показали, что научно обоснованный подбор предшественника в севообороте и применение удобрений позволяют сохранить почвенное плодородие. Установлено, что введение в севооборот с чистым паром бобового компонента (28%) стабилизировало гумусный статус почвы. Содержание гумуса в почве через 17 лет (3 ротации севооборота) было на уровне исходного его количества – 3,37%. При замене чистого пара на сидеральный отмечена тенденция к повышению содержания гумуса в почве, прирост гумуса в сравнении с исходным его количеством – 0,15% и севооборотом с чистым паром – 0,18%. Применение удобрений оказало наибольшее влияние на фосфатный режим почвы, содержание P_2O_5 возросло на 38-49%. Внесение фосфорсодержащего удобрения (P_{17}) обеспечило положительный баланс этого элемента в почве. Продуктивность севооборотов с чистым и сидеральным паром существенно не различалась, но окупаемость удобрений последнего была на 70% выше.

Литература

1. *Агроклиматический* справочник Омской области. – Ленинград, 1959. – 210 с.
2. *Акулов А. А., Кулиш В. Ф.* Сидеральные культуры как элемент биологизированной системы земледелия. – Калуга, 2004. – 78 с.
3. *Балабанова Н. Ф., Воронкова Н. А., Храмов С. Ю.* Влияние длительного применения отдельных элементов агротехнологии на плодородие серой лесной почвы в подтаежной зоне Омского Прииртышья // Агрохимия. – 2025. – № 5. – С. 27-34.
4. *Берзин А. М., Полосина В. А.* Повышение эффективности чистых и сидеральных паров в лесостепных и степных районах Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 3. – С. 39-44.
5. *Бойко В. С., Воронкова Н. А., Тимохин А. Ю., Балабанова Н. Ф.* Вклад многолетних кормовых культур в азотный баланс агроэкосистем Западной Сибири // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24. – № 2. – С. 249-256.
6. *Гамзиков Г. П.* Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: Изд-во ИИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2013. – 790 с.
7. *Гребенников А. М.* Сидерация смесью культур – резерв повышения плодородия черноземных пахотных почв // Плодородие. – 2020. – № 5. – С. 52-56.
8. *Завьялова Н. Е., Васбиева М. Т., Шишков Д. Г., Казакова И. В.* Азотный режим дерново-подзолистой почвы при длительном применении различных видов и сочетаний минеральных удобрений // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 4. – С. 43-47.
9. *Илюшкина О. В.* Баланс органического вещества в Нечерноземной зоне Омской области // Мичуринский агрономический вестник. – 2022. – № 3. – С. 84-89.
10. *Коржов С. И., Солодовников, К. И. Пимонов, М. А. Несмеянова А. П.* Влияние бобовых культур на плодородие почвы и продуктивность севооборотов // Агрохимический вестник. – 2022. – № 3. – С. 54-59.
11. *Лыков А. М., Еськов А. И. Новиков М. Н.* Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 630 с.
12. *Система* адаптивного земледелия Омской области. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2020. – 522 с.
13. *Храмцов И. Ф., Чекусов М. С., Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А.* Агроэкологическая оценка длительного применения удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // Плодородие. – 2021. – № 3. – С. 104-107.

UDC 631.582: 631.8: 631.45: 631.445.25

ON THE ISSUE OF THE EFFECTIVENESS OF THE PRECURSOR AND FERTILIZERS IN CROP ROTATION IN THE SUBTAIGA ZONE OF THE OMSK IRTYSH REGION

N.F. Balabanova, Cand. Agr. Schi, N. A. Voronkova, Dr.Sci.Ag., and S.Yu. Khramov
FSBT Omsk Agricultural Scientific Center, 644012, Russia,
Omsk, 26 Koroleva street e-mail: natascha.balabanowa@mail.ru

In a stationary experiment, an assessment was made of the fertility state of gray-forest podzolized soil depending on the type of fallow in crop rotation and the use of mineral fertilizers and the productivity of agrocenoses. The experimental design is two-factor (2x2). Factor A consists of seven-field grain-fallow-grass crop rotations No. 1 and No. 2, differing in the type of fallow. B – mineral fertilizers: 1) without fertilizers (U_0); 2) $N_{23}P_{17}K_{17}$ (U_1). The observation period was 17 years (2006-2022). It was found that the introduction of a perennial legume crop (clover) into crop rotation with bare fallow stabilized the humus content at the level of its initial amount – 3,37%. When replacing clean fallow with green manure (rape), a tendency to increase (by 0,15%) the humus content was noted. Systematic use of phosphorus-containing fertilizers in crop rotations at a dose of P_{17} ensured a positive balance of this element in the soil. It was established that under the conditions of the subtaiga zone on gray forest soils, when replacing clean fallow with green manure, the productivity of grain-fallow-grass crop rotations did not differ significantly.

Keywords: gray forest soil, precursor, sideration, mineral fertilizers, soil fertility, productivity.