



## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

### АГРОНОМИЯ

УДК 631.452

Н.Г. Рудой, Ю.Н. Трубников

#### ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА НА ЧЕРНОЗЁМАХ В ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

N.G. Rudoj, Yu. N. Trubnikov

#### THE PRODUCTIVITY OF GRAIN-BARE FALLOW-TILLED CROP ROTATION ON THE CHERNOZYOM IN THE YENISEI REGION OF SIBERIA

Бугристо-западный рельеф в островных лесостепях Приенисейской Сибири обусловил формирование пятнистости чернозёмов. Цель исследований – дать сравнительную оценку продуктивности парового и пропашного звена севооборота на чернозёмных комплексах лесостепи Приенисейской Сибири. Использовали полевую, сравнительно-аналитический, экспертный и математический методы исследований. Стационарный опыт заложен на пятнистости чернозёма выщелоченного с чернозёмом обыкновенным. Изучено пять ротаций севооборота: пар – пшеница – пшеница (ячмень) – кукуруза – пшеница – овёс. Повторность трёхкратная. Гранулометрический состав почв тяжелосуглинистый. Содержание гумуса варьирует – 6,2–7,3 %; оксида фосфора (V) (по Чирикову) – 19–26, оксида калия (по Масловой) – 21–30 мг/100 г почвы. В течение пяти ротаций севооборота среднегодовые осадки изменялись в пределах 256–548 мм при средних значениях за ротацию севооборота 376–423 мм. Устойчивость режима выпадения осадков в среднем за год относительно высокая. В наиболее ответственные периоды вегетации зерновых культур – в июне и июле – размах варьирования (по 10-летним периодам) значительный: 64–205 мм, 25–159, 71–193 мм. Урожайность культур парового звена севооборота без применения удобрений составляла 14,6–24,9, с применением удобрений – 16,5–

33,9 ц/га зерновых единиц. В пропашном звене соответственно 12,8–24,4 и 21,2–36,5 ц/га. В паровом звене севооборота средняя урожайность пшеницы без применения удобрений за 5 ротаций севооборота на 2,5 ц/га зерновых единиц (з.е.) выше, чем в пропашном звене. По удобренному фону продуктивность зерновых культур в пропашном звене превышает паровое звено на 2,9 ц/га з.е. Рентабельную величину окупаемости единицы действующего вещества удобрений обеспечивает одностороннее азотное удобрение. Фосфорные же сказываются на урожайности пшеницы только в случае их рядкового применения. Действие калийных удобрений не зафиксировано. В изученной минеральной системе удобрений за 5 ротаций севооборота внесено на гектар пашни (в кг действующего вещества): азота 1300, фосфатов 970, калия 790. В среднем за год это составляет 109 кг/га при соотношении N:P:K = 1:0,7:0,6. Вариационно-статистический анализ позволяет вынести суждение о равновесном состоянии гумусированности почвы и отсутствии существенного изменения показателей почвенного плодородия в 30-летнем опытном периоде. Уровень плодородия чернозёмов и обеспеченности осадками обуславливает целесообразность внедрения в систему земледелия Приенисейской Сибири зернопропашных севооборотов.

**Ключевые слова:** звено севооборота, содержание в почве азота, фосфора, калия, атмосферные осадки, удобрения, урожайность.

Hilly-lowland relief in the insular forest-steppes of the Yenisei region of Siberia led to the formation of mottling of chernozyom. The goal of this research was a comparative evaluation of productivity of bare fallow and row-crop level of crop rotation on Chernozyom of forest-steppe complexes of the Yenisei region of Siberia. Field, comparative-analytical, expert and mathematical methods of research were used. Stationary experiment was put on spottiness of the chernozyom leached with ordinary chernozyom. Five rotation of a crop rotation were studied: bare fallow – wheat – wheat (barley) – corn – wheat –oats. Frequency was triple. The particle size distribution of hard clay soils is given below. The maintenance of humus varies was 6.2–7.3 %, phosphorus (V) oxide (according to Chirikov) was 19–26, potassium oxide (according to Maslova) was 21–30 mg / 100 g of the soil. During five rotations of a crop rotation average annual rainfall changed within 256–548 mm at average values for rotation of a crop rotation of 376–423 mm. The stability of the mode of loss of rainfall on average in a year was rather high. During the most responsible periods of vegetation of grain crops in June and July the scope of a variation (on the 10-year periods) was considerable: 64–205 mm, 25–159, 71–193 mm. The productivity of cultures of a steam link of a crop rotation without use of fertilizers made 14.6–24.9, with use of fertilizers it was 16.5–33.9 c/hectare of grain units. In ploughed link it was respectively 12.8–24.4 and 21.2–36.5 c/hectare. In a bare fallow link of a crop rotation average productivity of wheat without use of fertilizers for 5 rotation of a crop rotation was 2.5 c/hectare of grain units (a z.a.) above, than in a ploughed link. On the fertilized background the efficiency of grain crops in a ploughed link exceeded a steam link on 2.9 c/hectare to a z.a. The profitable size of payback of unit of active ingredient of fertilizers was provided by unilateral nitric fertilizer. Phosphoric affect productivity of wheat only in case of their row application. Effect of potash fertilizers was not recorded. In the studied mineral system of fertilizers for 5 rotation of a crop rotation it was brought on arable land hectare (in kg of active ingredient): nitrogen 1300, phosphates 970 and potassium 790.

In a year it averaged 109 kg/hectare at N:P:K ratio was equal to 1:0.7:0.6. The variation and statistical analysis allowed taking out judgment about an equilibrium condition of soil's humus conditions and lack of essential change of indicators of soil fertility in the 30-year experimental period. The level of fertility of chernozyoms and security with rainfall results in introduction of the expediency of crop ploughed rotation in system of agriculture of Priyeni-seysk Siberia.

**Keywords:** link rotation, the soil content of nitrogen, phosphorus, potassium; precipitation, fertilizer, yield.

**Введение.** В островных лесостепях Приенисейской Сибири бугристо-западинный рельеф обуславливает формирование парагенетических рядов почв и значительную пестроту почвенного покрова. Площадь элементарных почвенных ареалов составляет от нескольких квадратных метров до десятков и реже сотен. В почвенном покрове широко распространены пятнистости чернозёмов. Выделенные на карте почвенные контуры объединяют два-три подтипа и три вида почвы. До 35 % площади приходится на комплексные почвы, границы которых в принятом для хозяйств масштабе карт не обозначаются. Свойства их не учитываются реализуемыми технологиями возделывания культур. При средних величинах качественных оценок агрохимических свойств почвы массивов площадью 4–6 гектаров внутри них вычленяются значительные площади иного достоинства [1].

**Цель исследований.** Дать сравнительную оценку продуктивности парового и пропашного звена севооборота на чернозёмных комплексах лесостепи Приенисейской Сибири.

**Объекты и методы исследований.** Стационарный опыт заложен на пятнистости чернозёма выщелоченного с чернозёмом обыкновенным в трёх повторениях. Гранулометрический состав почв тяжелосуглинистый. Содержание гумуса варьирует в пределах 6,2–7,3 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Чирикову) – 19–26, K<sub>2</sub>O (по Масловой) – 21–30 мг/100 г почвы. Явная потребность зерновых культур в фосфорных удобрениях прогнозируется на почвах с содержанием фосфатов 1–3 классов. По стандартной шкале это распространяется на почвы с содержанием < 10 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 г почвы [2]. Схема севооборота: пар

– пшеница – пшеница (ячмень) – кукуруза – пшеница – пшеница (овёс). С третьей ротации вторая пшеница в паровом звене заменена ячменём, в кукурузном звене – овсом. В пятой ротации кукуруза заменена горохо-овсяной смесью. За 5 ротаций севооборота на удобряемых вариантах опыта в почву внесено (в кг действующего вещества на гектар): азота 1300, фосфора 970, калия 790; навоза 200 тонн.

Содержание гумуса определили по методу Тюрина, подвижные фосфаты по методу Чирикова, обменный калий – по методу Масловой [3].

Площадь экспериментальных делянок составляет 300 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов систем удобрений четырёхкратная. Агротехника в опытах общепринятая для лесостепной зоны. Математическая обработка результатов работы проводилась с помощью пакета прикладных программ О.Д. Сорокина [4].

**Результаты исследований и их обсуждение.** В течение пяти ротаций севооборота среднегодовые осадки варьировали в пределах 256–548 мм при средних значениях за ротацию севооборота 376–423 мм. Коэффициенты варьирования осадков близкие 19–22 %. Можно заключить об относительно высокой устойчивости режима выпадения осадков в среднем за год. Иначе выглядит характеристика режима осадков в наиболее ответственные периоды вегетации зерновых культур – в июне и июле. Размах варьирования по 10-летним периодам составляет 64–205, 25–159, 71–193 мм. Средние значения осадков за два месяца соответственно 121, 106, 133 мм. В двух периодах коэффициент вариации составляет 38–40 %, что в два раза

выше варьирования среднегодовых осадков. На июнь и июль приходится критический период зерновых культур по отношению к влаге, и, естественно, стабильность урожайности существенно понижается, несмотря на достаточно высокие значения среднегодовых осадков.

При общем в изучаемом периоде тренде роста годовых сумм осадков выявляются ритмически перемежающиеся контрастные периоды. Их продолжительность в среднем около 11 лет. Размах крайних значений годового количества осадков в смежных периодах весьма значительный. Такой характер динамики осадков совпадает по времени с короткопериодическими изменениями солнечной активности, которые проявляются в 11–22-летних циклах солнечных пятен. Роль пара как накопителя влаги при сложившихся условиях обеспеченности осадками незначительная. Она существенно нивелируется качественными агротехническими мерами борьбы с сорняками [1].

Принципиальное значение имеет оценка продуктивности парового и пропашного звеньев севооборота (табл. 1). В паровом звене средняя урожайность пшеницы без применения удобрений за 5 ротаций севооборота на 2,5 ц/га зерновых единиц (з.е.) выше, чем в пропашном звене. Однако по удобренному фону продуктивность зерновых культур в пропашном звене превышает паровое звено на 2,9 ц/га з.е. Это обусловлено высокой отзывчивостью овса на внесение удобрений. При этом без удобрений пропашное звено обеспечило получение дополнительно 66,3, а при применении удобрений 102,5 ц/га з.е.

Таблица 1

**Урожайность зерновых культур в звеньях севооборота, ц/га зерновых единиц**

Ротация	Звено			
	паровое		пропашное	
	без NPK	по NPK	без NPK	по NPK
1	16,1	19,9	12,8	21,2
2	18,8	26,4	14,2	27,2
3	14,6	16,5	13,6	28,4
4	23,7	33,9	20,3	31,2
5	24,9	33,3	24,4	36,5

*Примечание. В 1–4-й ротации схема: пар – пшеница – пшеница – кукуруза – пшеница – овёс; в 5-й ротации кукуруза заменена горохоовсяной смесью.*

Без применения удобрений средняя продуктивность севооборота составляет 24,4 ц/га зерновых единиц (см. табл. 1). Эта величина может служить оценкой производительной способности чернозёмов с чётко фиксированными параметрами почвенного плодородия. По смежным полям средняя урожайность пшеницы по пару составляла 23,5 ц/га – от 18,9 до 28,9 ц/га. Этот диапазон отражает взаимодействие варьирования почвенного плодородия в пространстве и изменчивость погоды во времени. Одноимённые поля трёх временных закладок охватывают различные режимы погоды.

Из 12 изученных систем удобрения только одна система – одностороннее азотное удобрение – обеспечивает рентабельную величину окупаемости единицы действующего вещества удобрений. Она характеризуется деформированным паритетом цен между удобрениями и энергоносителями, с одной стороны, и растениеводческой продукцией – с другой.

По изучаемым вариантам систем минеральных удобрений получены высокие прибавки урожайности пшеницы при размещении её по зяби. В основном прирост урожайности обусловливается азотными удобрениями. Фосфорные же сказываются на урожайности пшеницы

только в случае их рядкового применения. Действие калийных удобрений не зафиксировано.

В варианте органической системы удобрений навоз вносился в паровое поле и под кукурузу по 30 т/га. Достоверное повышение урожайности кукурузы фиксировалось ежегодно. Повышение же урожайности пшеницы по пару отмечено за 30 лет только дважды. Последствие навоза на вторую пшеницу после пара, на пшеницу по кукурузе и на вторую пшеницу после кукурузы проявилось также только дважды.

В варианте внесения навоза в сочетании с минеральными удобрениями только дважды урожайность пшеницы по кукурузе превышала вариант полного минерального удобрения. Во все остальные годы прирост урожайности кукурузы, пшеницы и ячменя в обоих звеньях севооборота не выходил за пределы наименьшей существенности различий. Полученные показатели отражают естественную изменчивость, которая предопределена условиями почвообразования. В значительной мере это связано с характером микро- и нанорельефа.

По завершении пятой ротации севооборота на трёх вариантах произведён отбор с каждого поля по 50 индивидуальных почвенных проб (табл. 2).

Таблица 2

## Агрохимические показатели почвы в опытном севообороте

Поле севооборота	Внесено, ц/га			Гумус, %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	A*	B**	A*	B**	A*	B**
1	-	-	-	6,5	6,2	24,1	22,2	26,0	21,6
2	13	9,7	7,9	6,5	6,2	23,0	25,8	27,0	25,7
3	13	9,7	7,9	6,2	6,3	19,1	20,0	28,5	22,9
4	-	-	-	6,9	6,7	21,6	23,0	30,0	21,4
5	13	9,7	7,9	7,3	6,5	23,7	24,3	30,0	23,6
6	13	9,7	7,9	6,7	7,2	22,0	20,4	32,0	20,3

Примечание: A\* – год закладки опыта; B\*\* – год завершения 5-й ротации; на 3-м и 6-м полях севооборота за 5 ротаций севооборота внесено по 200 т/га навоза.

Привлечены к исследованию контрольный вариант, минеральная и органоминеральная система удобрений. В минеральной системе удобрений за 5 ротаций севооборота внесено на гектар пашни (в кг действующего вещества): азота 1300, фосфатов 970, калия 790. В среднем за год это составляет 109 кг/га при соотно-

шении N:P:K = 1:0,7:0,6. Это весьма высокий уровень применения удобрений. Он соответствует интенсивности применения удобрений в отдельных хозяйствах Назаровского и Ужурского районов.

Среднее содержание гумуса в пахотном слое всего стационарного опыта составляет 7,1%. В

партии ста отобранных индивидуальных образцов экстремумы представлены значениями 4,9 и 9,4 %, охватывая почвенные группы градации: очень низкое и высокое содержание. В массиве данных по 100 индивидуальным почвенным пробам размах варьирования среднего содержания гумуса по вариантам опыта составляет 0,53 % (6,03–6,56). Вариационно-статистический анализ позволяет вынести суждение о равновесном состоянии гумусированности почвы и отсутствии изменений в 30-летнем опытном периоде.

Обеспеченность легкорастворимыми фосфатами массива в целом составляет 30,3 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы (по Чирикову). Это выходит далеко за пределы 6-го класса обеспеченности, границы которого определены градациями в 20 мг на 100 г почвы. Размах варьирования выражается показателями от 19,2 до 54,8 мг. Не оказалось проб с содержанием фосфатов ниже 5-го класса высокой обеспеченности.

Дисперсионным анализом показателей содержания  $P_2O_5$  (по Тругу) установлено достоверное различие между вариантами стационарного опыта с высоким уровнем значимости (см. табл. 2). Однако высокая степень варьирования и различный характер фиксируемых изменений в содержании фосфатов за 30-летний период по разным полям одного и того же варианта не дают оснований вынести суждение о количественных показателях. Они замаскированы природной пространственной изменчивостью. Коэффициент варьирования колеблется в пределах 6,9–16,0 %. Диапазон различий по 6 массивам данных, каждый из которых получен по 50 повторениям, составляет 10,1–18,0 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы. Только на одном поле варианта минеральной системы удобрения изменения за 30-летний период выходят из этих рамок. Они составили 22,8 мг на 100 г почвы. Однако на смежном поле того же варианта величина изменений составила всего 0,6 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы. Исходное же содержание фосфатов на этих полях практически равное: 23,0 и 23,7 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы.

Между исследуемыми вариантами стационарного опыта установлены статистически обоснованные различия на высоком уровне значимости (0,99) содержания обменного калия в почве (по Масловой). На контрольных вариан-

тах опыта исследуемые поля отличаются на 0,2 мг  $K_2O$  на 100 г почвы (21,6 и 21,8 мг). Величины изменений в содержании  $K_2O$  за 30 лет ограничены диапазоном максимального и минимального содержания обменного калия по массивам объемом в 50 почвенных образцов. Среднее содержание  $K_2O$  в почве по исследуемым полям в год закладки опыта составило 28,9, а после 5 ротаций севооборота 22,5 мг на 100 г почвы. Разница в 6,4 мг соотносится с величиной разрешающей способности метода анализа.

**Выводы.** Уровень плодородия чернозёмов и обеспеченности осадками обуславливает целесообразность внедрения в систему земледелия Приенисейской Сибири зернопропашных севооборотов.

### Литература

1. Рудой Н.Г. Производительная способность почв Приенисейской Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – 240 с.
2. Рудой Н.Г. О несоответствии градаций обеспеченности почв фосфором с результатами опытов в Канской, Красноярской и Минусинской лесостепях // Бюл. Всерос. НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. – 2003. – № 117. – С. 84–86.
3. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
4. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск, 2004. – 162 с.

### Literatura

1. Rudoj N.G. Proizvoditel'naja sposobnost' pochv Prienisejskoj Sibiri. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2010. – 240 s.
2. Rudoj N.G. O nesootvetstvii gradacij obespechennosti pochv fosforom s rezul'tatami opytov v Kanskoj, Krasnojarskoj i Minusinskoj lesostepjah // Bjul. Vseros. NII udobrenij i agropochvovedenija im. D.N. Prjanishnikova. – 2003. – № 117. – S. 84–86.
3. Agrohimicheskie metody issledovanija pochv. – M.: Nauka, 1975. – 656 s.
4. Sorokin O.D. Prikladnaja statistika na komp'jutere. – Novosibirsk, 2004. – 162 s.