

## **ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*В статье представлены результаты исследований по влиянию севооборотов на урожайность яровой пшеницы на темно-каштановой почве в условиях лесостепи Улуг-Хемской котловины (Республика Тыва). Изучено влияние чистых, занятых и сидеральных паров в полевых севооборотах на плотность сложения и структурный состав почвы.*

**Ключевые слова:** лесостепь, яровая пшеница, темно-каштановая почва, севооборот, предшественник, чистый пар, сидеральный пар, занятый пар, Улуг-Хемская котловина.

*V.N. Zhulanova, T.F. Zharova*

## **CROP ROTATION INFLUENCE ON THE SOIL FERTILITY AND THE SPRING WHEAT CROP CAPACITY**

*The research results of the crop rotation influence on the spring wheat crop capacity on the dark-chestnut soil in the Ulug-Hemsky hollow (Republic of Tuva) forest-steppe conditions are presented in the article. The influence of the pure, occupied and sidereal fallows in the field crop rotations on the density of the soil composition and structure is studied.*

**Key words:** forest-steppe, spring wheat, dark-chestnut soil, crop rotation, predecessor, pure fallow, sidereal fallow, occupied fallow, the Ulug-Hemsky hollow.

---

**Введение.** В Туве в силу сложившихся своеобразных ландшафтно-климатических особенностей земледелие ведется в сложных условиях. В земледельческих районах региона одной из главных задач является получение продовольственного зерна. Повышение производительности земледелия определяется плодородием почв и применением правильной агротехники.

В повышении плодородия почв большая роль принадлежит удобрениям. В связи с «реформированием» сельского хозяйства с 1991 г. в республике резко сократилось использование минеральных и органических удобрений, а с 1996 г. удобрения вносятся в очень малых дозах. За 2001–2010 гг. внесение органических удобрений в Туве сократилось в 17 раз по сравнению с 1981–1990 гг. С 2006 г. нормы внесения органических удобрений постепенно увеличиваются, а минеральных остаются на низком уровне [5].

В условиях данного региона на малоплодородных почвах гарантом стабилизации урожайности зерновых культур на достаточном уровне может выступить паровое поле. Лучшей парозанимающей культурой в условиях республики является донник [7].

Важнейшим элементом технологии выращивания зерновых культур остается правильный подбор предшественников в севообороте, где очень важное значение имеет применение сидеральных и органических удобрений [3]. В связи с этим актуальными являются вопросы по изучению влияния различных предшественников на сохранение и воспроизводство почвенного плодородия.

**Цель исследований.** Изучение влияния севооборотов на агрофизические, физико-химические свойства почв и урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Тувы.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в полевом севообороте, заложенном в 2006 г. на экспериментальных полях Тувинского НИИСХ. Повторность трехкратная. Учетная площадь 63 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов в опыте систематическое. Агротехника возделывания общепринятая в зоне деятельности института. Сорт яровой пшеницы Кантегирская-89.

Во время проведения исследований погодные условия вегетационного периода существенно различались по годам. За исследуемый период сумма осадков за вегетационный период составила 205–320 мм, сумма активных температур выше 10°C – 1577–1924°C, сумма эффективных температур выше 5°C – 1198–1899°C. Сумма осадков за вегетационный период в 2006 г. составила 224 мм, в 2007 г. – 205, в 2008 г. – 208, в 2009 г. – 259, в 2010 г. – 319 мм.

Почвенный покров опытного участка представлен темно-каштановой легкосуглинистой почвой. В начале закладки опыта содержание гумуса в пахотном слое почвы составило 3,37 %, общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора – 16 мг/кг почвы, обменного калия – 224 мг/кг почвы.

Изучение влияние типов паров на плодородие почвы и урожайность яровой пшеницы проводилось в трехпольных севооборотах: 1) зернопаровой (контроль): чистый пар (контроль) – пшеница – пшеница;

2) зернопаровой: чистый пар + 30 т/га навоза – пшеница – пшеница; 3) сидеральный: сидеральный пар (донник) – пшеница – пшеница + донник; 4) зерновой с занятым паром: донник на зеленую массу – пшеница – пшеница + донник; 5) сидеральный: сидеральный пар (орох) – пшеница – пшеница.

Запашку донника на зеленое удобрение проводили в фазу цветения, гороха – молочной спелости. Гумус определяли по Тюрину, подвижный фосфор и калий – по Мачигину, нитратный азот – ионометрическим методом (ГОСТ 20951-86). Плотность сложения почвы определяли по Н.А. Качинскому, структурный состав почвы – по методу Н.И. Саввина. Биологическую активность почвы изучали методом льняных полотен на глубину 0–20 см [2]. Результаты исследований были обработаны статистическими методами дисперсионного анализа [4] с использованием программных пакетов Microsoft Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Главной причиной снижения плодородия почв в регионе является недостаточное применение органических удобрений. В период 1986–1992 гг. в Туве применение минеральных и органических удобрений достигло максимальной величины соответственно 42,1–49,1 кг д.в./га и 0,60–0,85 т/га. С 2006 г. нормы внесения органических удобрений постепенно увеличиваются, а минеральных остаются на низком уровне [5]. Поэтому в данных условиях для сохранения плодородия почвы и обеспечения стабильной урожайности пшеницы, кроме навоза, возможно использование сидератов.

В начале закладки опыта содержание гумуса в пахотном слое темно-каштановой почвы варьирует в пределах 3,30–3,46 % (табл. 1). Содержание гумуса после прохождения ротации севооборотов увеличилось в зернопаровом на 0,20 %, сидеральном донниковом – на 0,64, сидеральном гороховом – на 0,13 % и уменьшилось в контролльном на 0,46 %. Количество гумуса осталось на том же уровне в зерновом севообороте с занятым паром (вариант 4). Это можно объяснить тем, что основным источником пополнения органического вещества в почве являются корневые и растительные остатки. Наибольшее количество поживных и корневых остатков оставляет после себя донник на зеленое удобрение до 6,3 т/га органического вещества, горох – 5,0 т/га, внесение навоза – до 12 т/га. Донник на зеленую массу дает 3,2 т/га органического вещества.

Таблица 1

## Основные показатели химических и физико-химических свойств темно-каштановой почвы

Севооборот	Год отбора образцов	Гумус, %	рН <sub>H2O</sub>	ЕКО, мг-экв/100 г	мг/кг		
					Нитратный азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1 – зернопаровой (контроль)	2006	3,46	7,1	24	20	18	138
	2010	3,00	7,1	-	12	10	104
2 – зернопаровой	2006	3,31	7,1	21	24	20	137
	2010	3,51	7,1	-	43	26	210
3 – сидеральный (донник)	2006	3,36	7,1	22	22	20	148
	2010	4,00	7,1	-	47	27	251
4 – зерновой с занятым паром	2006	3,30	7,1	21	15	18	120
	2010	3,30	7,1	-	12	10	120
5 – сидеральный (орох)	2006	3,46	7,1	24	19	18	150
	2010	3,59	7,1	-	36	19	243

Уменьшение гумуса в севообороте с чистым паром без внесения органических удобрений (контроль) происходит за счет быстрой минерализации органического вещества при ежегодной обработке почвы. По исследованиям А.Н. Кузьминых [10], высеванный горох на зеленое удобрение формирует биомассу до 28 т/га с высоким содержанием NPK, что сохраняет и повышает плодородие почвы. По данным [1], в степных условиях Западного Забайкалья на черноземе малогумусном севообороты с занятыми парами не уступают севооборотам с чистыми парами по урожайности яровой пшеницы, а также повышают дефляционную устойчивость почв.

Нашиими исследованиями выявлено, что обеспеченность почв в 2006 г. подвижным Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> средняя, а в 2010 г. в контрольном севообороте и зерновом с занятым паром очень низкая, в остальных – средняя. В 2006 г. обменным K<sub>2</sub>O обеспеченность средняя, а в 2010 г. в сидеральных и зернопаровом севооборотах высокая. Емкость катионного обмена составляет 21–24 мг-экв/100 г. В составе обменных катионов доминирует Ca<sup>++</sup>. Количественные оценки содержания нитратного азота и емкости катионного обмена в почвах зависят от содержания гумуса и гранулометрического состава.

Было рассмотрено влияние разных видов севооборотов на плотность сложения темно-каштановой почвы. Перед закладкой опыта плотность сложения в слое 0–10 см варьировала в пределах 1,33–1,43 г/см<sup>3</sup>, в слое 10–20 см – 1,35–1,41 г/см<sup>3</sup>. В варианте контроля плотность сложения в слое 0–10 см составила 1,33 г/см<sup>3</sup>, в слое 10–20 см – 1,35, в других вариантах 1,34–1,43 и 1,37–1,41 г/см<sup>3</sup> соответственно.

По предшественнику чистому пару (контроль) плотность сложения почвы в слое 0–20 см под пшеницей незначительно увеличилась на 2–4 %, а в других вариантах уменьшилась на 3–8 %. Наибольшее уменьшение плотности сложения отмечено после горохового сидерального пара (вариант 5) на 8 % и чистого пара + навоз 30 т/га (вариант 2) на 4 %. Рыхлое состояние пахотного слоя почвы под пшеницей в этих вариантах обусловлено ежегодными обработками почвы, препятствующими самоуплотнению, а также действием перепревшего навоза и однолетней зернобобовой культуры (горох). Темно-каштановая легкосуглинистая почва в различных вариантах севооборотов по показателям сложения и структурного состава характеризуется благоприятными агрофизическими свойствами. Качественная оценка структурного состава почв по содержанию в них агрегатов агрономически ценных фракций (АЦФ) размером от 10 до 0,25 мм указывают на отличное агрегатное состояние пахотного слоя темно-каштановой почвы во всех вариантах опыта. Содержание АЦФ здесь составляет 64–68 %. Оструктуренность по вариантам опыта существенно не изменяется и остается в одной категории по содержанию АЦФ. Наибольшее количество АЦФ содержится в вариантах с занятым паром и донниковым сидеральным паром (68 %), наименьшее – в зернопаровом севообороте (контроль) (64 %). Коэффициент структурности находится в пределах 1,8–2,1, что также указывает на отличное агрегатное состояние почвы.

По исследованиям В.Н. Жулановой, Н.Л. Кураченко [6], тувинские темно-каштановые и каштановые почвы легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава обладают отличной оструктуренностью. В слое 0–20 см этих почв содержание АЦФ достигает 72–94 %. Далее с глубиной уровень оструктуренности существенно варьирует. В зависимости от подтипа почв и характера их сельскохозяйственного использования он изменяется от отличного до хорошего. Темно-каштановые суглинистые почвы имеют оптимальное сложение только в слое 0–20 см (1,08–1,20 г/см<sup>3</sup>). Ниже с глубиной интенсивная и равномерная пропитка карбонатами способствует уплотнению почвы до 1,21–1,25 г/см<sup>3</sup>.

При выращивании сельскохозяйственных культур плодородие почвы зависит главным образом от активности полезной микрофлоры и других компонентов почвенной биоты. Уровень активности биоты в почве поддерживается поживными остатками однолетних растений, выращиванием многолетних трав, внесением органических удобрений и сидератов. Биологическая активность темно-каштановой почвы была изучена методом разложения льняного полотна. Степень разложения льняного полотна в экспериментальных вариантах опыта была в 1,3–1,6 раза выше, чем в контроле. Наибольшая степень разложения полотна в гороховом сидеральном паре (17,2 %), наименьшая – в чистом паре (10,8 %). Разница между вариантами объясняется способом заделки органического вещества (при запашке зеленого удобрения в нижний слой, при заделке навоза по всему пахотному слою). В результате исследований нами было установлено, что предшественники оказывают влияние на урожайность яровой пшеницы. В качестве контроля служил чистый пар, как один из лучших предшественников для лесостепной зоны Тывы. Средняя урожайность за 3 года яровой пшеницы по контролю без удобрений составила 19,6 ц/га (табл. 2), а урожайность пшеницы по пшенице – 11,0 ц/га (табл. 3).

В среднем за годы исследований наиболее высокий урожай пшеницы по парам получен после чистого пары с внесением навоза (вариант 2), а пшеницы по пшенице – чистого пары с внесением навоза (вариант 2) и горохового сидерального пары (вариант 5). Минимальная урожайность пшеницы получена после донникового занятого пары. Донниковый сидеральный пар оказался эффективным для парозанимающей культуры и неэффективным для последующей культуры, которая дала прибавку урожая меньше НСР<sub>05</sub>.

Наши исследования подтверждаются данными А.С. Сотпа [8]. На темно-каштановых почвах в умеренно влажные годы урожайность яровой пшеницы после внесения зеленых удобрений составила 1,20–1,26 т/га (прибавка урожая 0,20–0,24 т/га), а в засушливые годы сидеральные пары уступают чистому пару.

Таблица 2  
Урожайность яровой пшеницы по различным типам паров

Предшественник	2007 г.		2008 г.		2009 г.		Среднее за 3 года	
	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -
1 – чистый пар (контроль)	17,5	-	17,3	-	23,9	-	19,6	-
2 – чистый пар + 30 т/га навоза	22,5	+5,0	20,6	+3,3	26,5	+2,6	23,2	+3,6
3 – сидеральный пар (донник)	21,8	+4,3	19,5	+2,2	24,7	+0,7	22,0	+2,4
4 – занятый пар (донник)	12,4	-5,1	10,0	-7,3	22,9	-1,0	15,1	-4,5
5 – сидеральный пар (горох)	22,0	+4,5	20,0	+2,7	25,1	+1,2	22,4	+2,8
HCP <sub>05</sub>	-	1,7	-	1,4	-	2,6	-	-

Сидеральные культуры создают благоприятные физические условия для произрастания сельскохозяйственных культур, равномерно и сбалансировано пополняют почву элементами питания. Бобовые культуры обладают природной способностью в симбиозе с клубеньковыми бактериями накапливать из воздуха доступные растениям соединения азота [10].

Внесение зеленого удобрения способствовало повышению урожайности яровой пшеницы. В первый год после запашки урожайность повысилась в 1,1–1,2 раза, а во второй год – в 1,03–1,2.

Таблица 3  
Урожайность пшеницы по пшенице в изучаемых севооборотах

Севооборот	2008 г.		2009 г.		2010 г.		Среднее за 3 года	
	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -
1 – зернопаровой (контроль)	8,7	-	12,9	-	11,7	-	11,0	-
2 – зернопаровой	11,0	+2,3	15,2	+2,3	14,3	+2,6	13,5	+2,5
3 – сидеральный (донник)	9,8	+1,1	11,8	-1,1	12,2	+0,5	11,3	+0,3
4 – зерновой с занятым паром	7,0	-1,7	8,3	-4,6	9,1	-2,6	8,1	-2,9
5 – сидеральный (горох)	10,8	+2,1	14,9	+2,0	15,0	+3,3	13,6	+2,6
HCP <sub>05</sub>	-	0,8	-	1,6	-	1,1	-	-

За 3 года исследований самая низкая урожайность пшеницы в зерновом с занятым паром севообороте. Прибавка урожая была получена в зернопаровых и сидеральных севооборотах. Урожайность пшеницы по пшенице варьировала по годам исследований и зависела от погодных условий. Благоприятные гидротермические условия вегетационного периода 2009–2010 гг. способствовали получению высокой урожайности пшеницы как после паровых предшественников, так и после пшеницы. Прибавка урожая составила 25–38 %.

**Заключение.** Таким образом, результаты исследования показали, что севообороты, содержащие сидеральные пары, чистые пары (с внесением навоза), повышают плодородие почвы за ротацию. Севооборот зерновой с занятым паром сохраняет плодородие почвы, а севооборот с чистым паром без внесения органических удобрений снижает. Разные виды севооборотов за одну ротацию существенно не оказывают влияния на агрофизические показатели темно-каштановой легкосуглинистой почвы. Лучшими предшественниками для яровой пшеницы в лесостепной зоне Тувы являются чистый пар с внесением навоза, сидеральный донниковый и сидеральный гороховый пары. Занятый донниковый пар оказался не очень эффективным.

#### Литература

- Продуктивность полевых севооборотов в степной зоне Западного Забайкалья / А.П. Батудаев, Б.Б. Цыбиков, Н.А. Базаржалова [и др.] // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 36–37.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М., 1990. – 129 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- Жуланова В.Н. Агроэкологическая оценка почв Тувы: автореф. д-ра биол. наук. – М., 2013. – 46 с.

6. Жуланова В.Н., Кураченко Н.Л. Современное физическое состояние агропочв Тывы // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 18–23.
7. Сахаровский В.М. Донник – перспективная культура в Туве // Интенсификация кормопроизводства в Восточной Сибири. – Новосибирск, 1983. – С. 33.
8. Сотна А.С. Использование различных видов паров для повышения плодородия почв в Республике Тыва: метод. рекомендации. – Кызыл: ТувНИИСХ, 2005. – 14 с.
9. Серякова Д.Г. Удобрения – залог высоких урожаев. – Кызыл: Тувкнигоиздат, 1976. – 56 с.
10. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.



УДК 631.454:633.15(668.2)

R.S.K. Kakpo

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ «DSSAT-SIG» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕНИНА**

*В статье рассматривается применение интегрированной модели «DSSAT-SIG» для определения потенциального урожая кукурузы в южной и центральной части Бенина, где преобладают бедные азотом и фосфором ферраллитные почвы.*

**Ключевые слова:** особенности почвы и климата, вычисление доз удобрений, кукуруза, интегрированная модель «DSSAT-SIG», Бенин.

R.S.K. Kakpo

## **THE APPLICATION OF THE INTEGRATED “DSSAT-GIS” MODEL FOR THE CORN FERTILIZER DOSE DETERMINATION IN BENIN SOUTHERN AND CENTRAL PARTS**

*The application of the integrated model “DSSAT-SIG” to determine the potential corn yield in Southern and Central Benin where the poor in nitrogen and phosphorus ferralsitic soil predominate are considered in the article.*

**Key words:** peculiarities of soil and climate, calculation of fertilizer doses, corn, integrated model “DSSAT-SIG”, Benin.

---

**Введение.** Рекомендации по внесению минеральных удобрений в Бенине по большей части устарели. Они не учитывают сильную деградацию почв и разницу между агроэкологическими зонами. Необходимо пересмотреть формулы и дозы минеральных удобрений, используемых в республике. В этой связи разработаны новые подходы к составлению рекомендаций по формулам и дозам минеральных удобрений, которые принимают во внимание информацию об особенностях климата, почвы и агротехнических методах каждого региона. Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий – это имитационная модель роста и развития растений.

**Цель исследований.** Оценка эффективности системы поддержки принятия решений для передачи агротехнологий при вычислении формул, а также доз минеральных удобрений; определение благоприятных сроков посева кукурузы для получения наибольшего урожая в южной и центральной части Бенина.

**Объекты и методы исследований.** Исследуемая территория находится между 6° и 8° и занимает площадь приблизительно 22 000 км<sup>2</sup>. Она охватывает 34 коммуны в департаментах Атлантический, Литораль, Уэме, Плато, Зу и полностью или частично в департаменте Коллин. Климат южной части Бенина субэкваториальный и характеризуется незначительными колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет 28°C. В центральной части Бенина климат судано-гинейский с одним сезоном дождей и большими колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет примерно 28°C.

Среднемесячное количество осадков составляет 1 481 мм, среднемесячное значение потенциальной эвапотранспирации – 1 648 мм.

Растительность представлена в основном кустарниковыми зарослями, масличными пальмами и некоторыми хлопковыми деревьями (*Ceiba pentandra*). Последние соотносятся с участками деградации тропофильных лесов с растениями вида Кола (*Cola cordifolia*), Триплохитон твердосмольй (*Triplochiton scleroxylon*), Хлорофора высокая (*Chlorophora exelsa*) и хлопковое дерево (*Ceiba pentandra*), которые встречаются очень редко.