

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ И УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ***А.Е. Малыгин, к.б.н., Г.М. Захаров, к.с.-х.н., В.А. Понько, к.з.н., Н.А. Земенков, СибНИИЗиХ*

*Показано, что накопление и расход питательных веществ во многом определяются агроклиматическими условиями вегетационного периода. Так, благоприятные гидротермические условия способствовали увеличению запасов минерального азота почвы, который использовался на формирование урожая. В дефицитные по влагообеспеченности годы снижалась эффективность потребления влаги и минерального азота, что приводило к снижению продуктивности исследуемых севооборотов.*

*Ключевые слова: севообороты, длительный полевой опыт, чернозем выщелоченный, гидротермические условия.*

Проблема истощения почвенного плодородия в процессе интенсификации земледелия заставляет обратить внимание на процессы его восстановления естественным путем. Один из подходов сохранения и поддержания плодородия почвы - изучение различных севооборотов в длительном стационарном полевом опыте [3]. Благоприятное влияние севооборотов на урожай сельскохозяйственных растений и на почву связано с их воздействием на влагообеспеченность почвы, накопление в ней элементов минерального питания растений, на засоренность посевов и зараженность специализированными фитопатогенами. В свою очередь, длительные и среднесрочные стационарные полевые опыты позволяют ярче выявить значение севооборотов при сравнении урожаев различных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на одинаковых агрофонах в условиях как севооборотов, так и монокультур [9]. Снижение урожаев в монокультуре связывают с односторонним выносом из почвы питательных веществ, изменением структуры и физико-химических свойств почвы, накоплением возбудителей болезней и вредителей растений, засорением почвы сорняками, аллелопатическими явлениями, накоплением в почве фитотоксических веществ и односторонним развитием микрофлоры [5]. Для устранения отрицательного влияния одностороннего выноса питательных веществ и микроэлементов при повторных посевах в почву вносят минеральные удобрения, для избавления от сорняков применяют гербициды, недостаток влаги компенсируют поливами. Однако, несмотря на использование этих приемов, урожай не доходил до его уровня в севообороте. Считается, что это вызвано нарушением направленности протекающих в почве микробиологических процессов, связанных с изменением состава микробных комплексов [4]. Снижение общей биологической активности почвы приводит к ослаблению минерализации растительных остатков и синтеза гумусовых веществ, торможению накопления элементов минерального питания растений — нитратов, фосфорных соединений, ухудшению снабжения растений физиологически активными соединениями, к размножению фитопатогенов. Экспериментальные данные, полученные в полевых севооборотах, по обнаружению факторов, оказывающих воздействие на урожай, выявили их большое разнообразие. Однако, эти показатели сильно варьировали при изменении погодных условий [6].

Цель наших исследований — изучить продуктивность севооборотов с разным насыщением зерновыми культурами и баланс азотного питания в зависимости от агроклиматических условий.

**Методика.** Исследования проводили в многолетнем стационарном полевом опыте на ЦОП СибНИИЗиХ в ОПХ "Элитное", расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе северопредалтайской лесостепной провинции [1]. Агроэкологическая группа земель -

центрально-лесостепные плакорные, тип земель — выщелоченный среднесуглинистый чернозем в комплексе с серыми лесными почвами (5%).

Мощность гумусового горизонта ( $A_1$ ) выщелоченного среднесуглинистого чернозема 39 см, во всех почвенных горизонтах преобладают фракции крупной пыли (41-48%) и мелкого песка (19-26%). Плотность сложения варьирует от 0,85 до 1,23 г/см<sup>3</sup> в пахотном (0–30 см) слое. Влажность завядания в метровом слое 117 мм, продуктивная влага при НВ — 195 мм.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы 4,2-4,8%, общего азота — 0,27–0,41%, подвижного фосфора — 0,34-0,59 мг/кг (по Карпинскому и Замятиной), 18-8,5 мг/100 г почвы (по Чирикову), обменного калия — 7,0-7,7 мг/100 г почвы (по Чирикову), рН водной вытяжки — 6,7.

Почвенные образцы отбирали в зернопаровом (1-пар; 2-пшеница; 3-пшеница; 4-ячмень) и зерновом (1-пшеница; 2-овес; 3-пшеница; 4-ячмень) севооборотах (ГОСТ 16265-89), а также на делянках с бесменным выращиванием пшеницы в вариантах без внесения удобрений (малоинтенсивный фон) и с применением удобрений с использованием полного комплекса средств защиты растений от вредных организмов (интенсивный фон) в трехкратной повторности. Размер опытного поля - 8 га. Элементарные делянки площадью 475 м<sup>2</sup> размещали рендомизированно по блокам. Каждый блок содержал культуры из восьми севооборотов. Все восемь изучаемых севооборотов развернуты в пространстве и во времени. В статье приведены результаты по трем севооборотам. Учет урожая зерновых культур проводили путем прямого обмолота комбайном "Сампо" одним проходом по делянке — учетная площадь 50 м<sup>2</sup>. Данные урожая переводили в зерновые единицы с коэффициентом 1 для пшеницы и ячменя и 0,8 для овса [8].

Материалы представлены за 2000-2014 гг.

Стандартная ошибка среднего значения в пределах 10%. Статистическую обработку результатов проводили с использованием электронной процессорной таблицы Microsoft Excel. Результаты в таблицах представлены в виде средних значений плюс-минус стандартное отклонение.

**Результаты и их обсуждение.** Многочисленными наблюдениями установлено, что продуктивность севооборотов в Западной Сибири в первую очередь определяется агроклиматическими условиями вегетационного периода, которые оказывают влияние на уровень минерального питания и интенсивность продукционных процессов растений [7].

Установлено, что по урожайности севооборотов вегетационные периоды можно разбить на три группы: 1) с урожайностью выше 2 т/га 2) с урожайностью ниже 1,3 т/га 3) с урожайностью от 1,3 до 2 т/га (табл. 1). В свою очередь, это деление определялось гидротермическими условиями вегетационного периода. Так 2000, 2001, 2007, 2009 и 2013 гг. были умеренно-увлажненными с  $K_y(9-8)$  1,30±0,18; 2003, 2005, 2011, 2012 были дефицитными по влагообеспеченности с  $K_y(9-8)$  0,77±0,17; остальные года были умеренно-дефицитными по увлажнению с  $K_y(9-8)$  1,01±0,10.

На продуктивность севооборотов влияет не столько недостаток общего количества осадков, сколько их неравномерное распределение в течение вегетационного периода. Так, в дефицитные по увлажнению годы, несмотря на значительные осадки в течение июля, продуктивность севооборотов была почти в 2 раза ниже, чем в умеренно увлажненные годы.

### 1. Продуктивность севооборотов в зависимости от природных условий года, т з.ед/га

Севооборот	Сезоны по увлажнению		
	Умеренно увлажненные	Умеренно дефицитные	Дефицитные
<i>Малоинтенсивный фон</i>			
Зернопаровой	2,12±0,25	1,62±0,18	1,06±0,16
Зерновой	2,46±0,32	1,79±0,19	1,30±0,29
Бессменная пшеница	2,32±0,17	1,48±0,21	0,73±0,21
<i>Интенсивный фон</i>			
Зернопаровой	3,36±0,23	2,52±0,38	2,16±0,37
Зерновой	3,91±0,27	2,91±0,35	2,28±0,38
Бессменная пшеница	3,67±0,44	2,52±0,37	1,53±0,49

Гидротермические условия предшествующего вегетационного периода и урожайность возделываемых культур определяют уровень запасов продуктивной влаги почвы в предпосевной период. Так в зернопаровом севообороте после пара на малоинтенсивном фоне после дефицитных по увлажнению годов с низкой урожайностью зерновых культур запасы продуктивной влаги в метровом слое составили в среднем 132 мм, а после умеренно-влажных - 117 мм. Аналогичная картина была в зерновом севообороте перед посевом ячменя. В варианте с бессменным выращиванием пшеницы весенние запасы продуктивной влаги достигали 158 мм при невысокой урожайности яровой пшеницы в предшествующий год.

На эффективность потребления влаги в течение вегетационного периода также оказывали влияние гидротермические условия года. Наиболее эффективно этот процесс шел в умеренно - влажные годы. Особенно этому способствовало внесение удобрений. В зернопаровом севообороте удобрения и влагонакопление в паровом поле нивелировали дефицит влаги (табл. 2).

### 2. Эффективность потребления влаги в зависимости от гидротермических условий года, мм/ц зерна

Севооборот	Сезоны по увлажнению		
	Умеренно-увлажненные	Умеренно-дефицитные	Дефицитные
<i>Малоинтенсивный фон</i>			
Зернопаровой	12,1±1,8	12,8±1,4	20,3±3,7
Зерновой	15,6±2,7	16,4±2,3	23,3±3,3
Бессменная пшеница	14,4±1,7	21,7±2,9	31,9±4,1
<i>Интенсивный фон</i>			
Зернопаровой	8,1±0,9	8,6±1,2	9,2±1,5
Зерновой	9,7±2,1	9,7±1,9	13,4±2,2
Бессменная пшеница	8,9±1,2	12,2±2,5	22,4±3,9

Влагообеспечение воздействовало и на вынос азота с хозяйственным урожаем. Суммарно по севообороту в умеренно-увлажненные годы в среднем на малоинтенсивном фоне он составил 290 кг/га в зернопаровом и 245 кг/га в зерновом севооборотах; в дефицитные по влагообеспеченности годы - 125 кг/га в зернопаровом и 120 кг/га в зерновом севооборотах; в умеренно-дефицитные по увлажнению годы - 195 и 200 кг/га соответственно.

На посевах с бессменной пшеницей на малоинтенсивном фоне вынос азота с хозяйственным урожаем составил в среднем 71 кг/га в умеренно-переувлажненные годы, 22 в дефицитные по влагообеспеченности годы и 41 кг/га в умеренно-дефицитные по увлажнению.

Аналогичные закономерности отмечены на интенсивном фоне после внесения 240 кг N/га за ротацию. Так в зернопаровом севообороте вынос азота суммарно с хозяйственным урожаем в умеренно-увлажненные годы составил 480 кг/га, а в зерновом - 520 кг/га, в дефицитные по влагообеспеченности годы - 290 и 300 кг/га. В умеренно-дефицитные по увлажнению годы суммарный вынос азота с хозяйственным урожаем в зернопаровом севообороте составил 350 кг/га и в зерновом севообороте 425 кг/га.

На посевах с бессменной пшеницей после внесения удобрений вынос азота был в среднем 130 кг/га в умеренно-увлажненные годы, 50 в дефицитные по влагообеспеченности годы и 90 кг/га в умеренно-дефицитные по увлажнению.

Для оценки эффективности использования как естественных запасов нитратного азота, так и азота на делянках после внесения удобрений был рассчитан коэффициент использования питательных веществ (КИП) [2].

Он представляет собой отношение азота, вынесенного с хозяйственным урожаем, к весенним запасам в метровом слое (в %). КИП был высоким только в умеренно-увлажненные годы, когда он достигал 98–115%. В дефицитные по влагообеспеченности годы он не превышал 50%. Применение удобрений в этот период не эффективно.

Расчет коэффициента использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами показал эффективность зернопарового севооборота в сравнении с зерновым севооборотом и с бессменно выращиваемой пшеницей. КИП в зернопаровом севообороте снижался только в дефицитные по влагообеспеченности годы. Внесение удобрений эти закономерности не изменяло (табл.3).

### 3. Коэффициент использования азота ( $N_{расч}/N-NO_3$ ) в севооборотах в зависимости от природных условий года, %

Севооборот	Сезоны по увлажнению		
	Умеренно-увлажненные	Умеренно-дефицитные	Дефицитные
<i>Малоинтенсивный фон</i>			
Зернопаровой	115 ± 14	91 ± 16	46 ± 6
Зерновой	100 ± 18	75 ± 19	44 ± 6
Бессменная пшеница	105 ± 19	55 ± 3	30 ± 4
<i>Интенсивный фон</i>			
Зернопаровой	98 ± 13	77 ± 17	51 ± 15
Зерновой	100 ± 29	65 ± 14	49 ± 12
Бессменная пшеница	100 ± 24	62 ± 14	30 ± 5

Для оценки эффективности процессов минерализации в течение вегетационного периода и использования растениями дополнительного азота для формирования урожая была рассчитана убыль нитратного азота за этот период, которую соотнесли с выносом азота с хозяйственным урожаем. Как видно из таблицы 4, наиболее активно накопление азота в почве шло в умеренно-увлажненные годы, вероятно, за счет усиления минерализации.

### 4. Азот, дополнительно поступивший за вегетационный период (баланс), кг/га

Севооборот		Сезоны по увлажнению		
		Умеренно-увлажненные	Умеренно-дефицитные	Дефицитные
<i>Малоинтенсивный фон</i>				
Зернопаровой	$\Delta N$ почвы	49 ± 2	48 ± 4	72 ± 10
	Вынос N	89 ± 8	64 ± 5	36 ± 3
	Баланс	+40	+16	-36
Зерновой	$\Delta N$ почвы	45 ± 4	51 ± 6	37 ± 5
	Вынос N	65 ± 6	52 ± 7	30 ± 4
	Баланс	+20	+1	-7
Бессменная пшеница	$\Delta N$ почвы	42 ± 6	54 ± 9	35 ± 5
	Вынос N	71 ± 4	40 ± 3	22 ± 4
	Баланс	+29	-14	-13
<i>Интенсивный фон</i>				
Зернопаровой	$\Delta N$ почвы	110 ± 8	114 ± 12	104 ± 11
	Вынос N	153 ± 10	112 ± 13	95 ± 9
	Баланс	+43	-2	-9
Зерновой	$\Delta N$ почвы	89 ± 7	117 ± 10	122 ± 19
	Вынос N	112 ± 11	100 ± 13	69 ± 16
	Баланс	+23	-17	-53
Бессменная пшеница	$\Delta N$ почвы	76 ± 11	69 ± 5	93 ± 19
	Вынос N	130 ± 12	84 ± 16	48 ± 14
	Баланс	+54	+15	-45

Запасов азота хватало как на формирование высокого урожая в этот период, так и на увеличение осенних запасов. В

умеренно-дефицитные годы весенних запасов хватало на формирование высоких урожаев, но к осени нитратного азота в метровом слое оставалось мало, что указывает на недостаточную активность процесса нитрификации. В дефицитные по влагообеспеченности годы урожайность зерновых была невысокой и азот, полученный в процессе нитрификации, накапливался к осени. Так в зернопаровом севообороте количество не использованного нитратного азота в среднем по севообороту достигало 36 кг/га.

Внесение удобрений увеличивало продуктивность севооборотов во все сезоны с разной увлажненностью. Однако, в дефицитные по увлажнению годы количество не использованного нитратного азота в среднем по зерновому севообороту достигало 53 кг/га. Высоким оно было и при бессменном выращивании пшеницы.

Таким образом, при рассмотрении отдельных севооборотов (зернопаровой, зерновой и бессменная пшеница) установлено, что благоприятные гидротермические условия вегетационного периода способствовали увеличению запасов минерального азота почвы, который расходовался на формирование урожая. В дефицитные по влагообеспеченности годы продуктивность исследуемых севооборотов снижалась. В эти годы уменьшалась эффективность потребления влаги и минерального азота. В результате к осени происходило накопление нитратного азота в метровом слое почвы.

#### Литература

1. *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области.* - Новосибирск, 2002. - 387 с.
2. *Ермохин Ю.И.* Почвенно-растительная оперативная диагностика "ПРОД-ОмСХИ" минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. - Омск, 1995. - 208 с.
3. *Жученко А.А.* Научные приоритеты развития растениеводства в XXI веке. Экологические основы повышения устойчивости и продуктивности агроландшафтных систем. - Орел: Орел ГАУ, 2001. - С. 3-10.
4. *Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Бабаева И.П.* Развитие представлений о структуре микробных сообществ почв // Почвоведение. - 1999. - № 1. - С. 134-144.
5. *Круглов Ю.В.* Микробиологические аспекты экологизации земледелия. Регулирование биологических процессов и плодородия черноземов при различных чередованиях культур // Сб. науч. тр. Воронежского с.-х. ин-та. - Воронеж, 1986. - С. 17-32.
6. *Неклюдов А.Ф.* Севообороты - основа урожая. - Омск, 1990. - 127 с.
7. *Никитишин В.И.* Удобрения как фактор адаптации агроэкосистем к неблагоприятным условиям среды // Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. - М.: ВНИИА, 2010. - С. 37-41.
8. *Химизация в отраслях АПК (справочник).* - М.: Росагропромиздат, 1989. - 320 с.
9. *Emmerling C., Udelhoven T., Schneider R.* Long-lasting impact of biowaste compost application in agriculture on soil-quality parameters in three different crop-rotation systems // J. Plant Nutr. Soil Sci. - 2010. - V.173. N 3. - P. 391-398.

### PRODUCTIVITY OF FIELD CROP ROTATIONS IN THE FOREST-STEPPE OF THE OB REGION DEPENDING ON AGROCHEMICALS AND MOISTENING CONDITIONS

*A.E. Malygin, G.M. Zakharov, V.A. Ponko, N.A. Zemenkov, Siberian Institute of Agronomy and Agricultural Chemistry (FGBNU «SIBNIZI») Krasnoobsk, Novosibirsk oblast, 630501 Russia, E-mail: alekmal48@mail.ru*

*It has been shown that the accumulation and consumption of nutrients is largely determined by agroclimatic conditions of the growing season. Thus, favorable hydrothermal conditions increased the pool of mineral nitrogen in the soil, which was used for the formation of crop. In the years of soil moisture deficit, the efficiency of moisture and mineral nitrogen consumption was reduced. As a result, the productivity of the studied crop rotation was reduced.*

*Keyword: crop rotations, long-term field experiment, leached chernozem, hydrothermal conditions*