

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

**А.Н. Воронин, д.с.-х.н., В.Д. Соловиченко, д.с.-х.н., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский федеральный аграрный научный центр  
Российской академии наук» [laboratoria.plodorodya@yandex.ru](mailto:laboratoria.plodorodya@yandex.ru)  
308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58**

*Изучены в полевом стационарном опыте, заложенном в 1987 г., научные основы воспроизводства плодородия почв, влияния видов севооборотов, способов обработки почв и удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и их экономическую и энергетическую эффективность. Показано, что после проведения четырёх ротаций севооборотов по продуктивности на первом месте находится зернопаропропашный севооборот. Это связано с большим насыщением его интенсивными культурами, в вариантах без внесения удобрений продуктивность в четвёртой ротации составила в среднем 3,69 т/га з.е., несколько меньше в зернопропашном – 3,44 и зернотравянопропашном – 3,15 т/га севооборотах. Наибольшая в среднем продуктивность была в зернопаропропашном севообороте (6,37 т/га) при внесении минеральных удобрений  $N_{108}P_{124}K_{124}$  и навоза, 16 т/га севооборотной площади, а по обработкам почв более эффективна вспашка – 4,96 т/га, при минимальной обработке получена урожайность на 0,18 т/га меньше. На культурах сплошного посева (зерновые, зернобобовые, травы) все обработки по продуктивности севооборотов были примерно равноценными.*

*Самым продуктивным за четыре ротации был зернопаропропашный севооборот: более насыщенный пропашными культурами, лучше обеспеченный элементами питания и накопивший больше продуктивной влаги в почве за счёт чёрного пара.*

*Ключевые слова: почва, плодородие, виды севооборотов, способы обработки почв, удобрения, культура, продукция, эффективность.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.09

Ресурсосбережение в земледелии в условиях перехода к рыночным отношениям экономической модели очень актуально. Удешевление агротехнологий сельскохозяйственных культур предлагается, прежде всего, за счет минимизации операций по механическим обработкам почвы, на долю которых приходится 35-40% объёма затрат в полевом цикле [4-5].

Анализ литературы по данному вопросу не позволяет сделать однозначных выводов. Многие исследования свидетельствуют о снижении продуктивности пашни при переходе к минимальным или нулевым обработкам, и прежде всего, из-за большой засоренности и ухудшения фитосанитарной ситуации агроценоза [1-3].

В дополнение к этому следует отметить неудовлетворительное распределение по глубине удобрений при неглубокой обработке почвы. Так, в микрополевых опытах показано, что при вспашке 15% удобрений находятся в слое 0-10 см, 38 – в слое 10-20 см, 47 % – в слое 20-30 см; при бесплужной обработке, соответственно, 55, 31, 14% [3]. В то же время даже у зерновых с их мочковатой корневой системой по вспашке 38% корней расположены в слое 0-10 см, 17% – глубже 30 см, а при поверхностной обработке, соответственно, 49 и 10% [4]. У пропашных культур со стержневой системой корневой габитус по профилю почвы смещен на большие глубины.

В настоящее время необходимо критическое осмысление роли специализированных севооборотов, в частности, долевого участия пропашных и культур сплошного посева, в структуре посевных площадей, а также концентрации многолетних трав и наличия чистых паров. В условиях неустойчивого земледелия доля чистых паров в структуре полевых севооборотов в оптимуме может достигать 10-20 % [1]. Поле, занятое чистым

паром, выбывает из хозяйственного оборота и в данный конкретный год не даёт продукции. Но если учитывать продуктивность севооборота в целом, то, по данным некоторых исследователей [1], зернопаропропашный севооборот уже во второй ротации по продуктивности превышал зернопропашной на 6-8 ц з.е./га.

В то же время грамотное использование многолетних бобовых трав в почвозащитной ландшафтной системе земледелия положительно сказывается на плодородии почв и охране окружающей среды.

В связи с тем, что многолетние травы существенно обогащают почву растительными остатками, оптимизация их площадей в структуре пашни – неременное условие простого и расширенного воспроизводства плодородия черноземов [6, 7]. Однако, учитывая, что травопольные севообороты менее продуктивны, чем интенсивные пропашные, доля многолетних трав в пашне должна быть увязана в формате «плодородие/продуктивность/экология». В Белгородской области она составляет 20-30% в структуре посевных площадей севооборотов.

**Методика.** В данной работе приведены результаты четырех ротаций севооборотов стационарного опыта, заложенного в Белгородском аграрном научном центре РАН в 1987 г. [6]. Почва опытного участка – чернозём типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке. Содержание гумуса при закладке опытов в пахотном слое 5,18-5,32 %, подвижного фосфора 52-58 мг/кг и обменного калия 95-105 мг/кг почвы,  $pH_{\text{сол.}}$  5,8-6,4.

Пятипольные севообороты в структуре посевных площадей имели разную насыщенность пропашными культурами: 20% в зернотравянопропашном (озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень + мн. травы, мн. тра-

вы 1-го г.п., мн. травы 2-го г.п.), 40 – в зернопропашном (озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень, кукуруза на силос, горох), 80% в зернопаропропашном (озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, кукуруза на зерно, чёрный пар).

В опыте применяли три способа основной обработки почвы – вспашку, безотвальную и минимальную, три системы удобрения: органическую, минеральную и органоминеральную с тремя уровнями удобренности (без удобрений, одну и две дозы удобрений и их комбинаций).

Вспашка предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 22-32 см. Безотвальная обработка проводилась на ту же глубину, только без оборота пласта почвы (плуг типа «Параплау»). При минимальной обработке рыхление осуществляли на глубину 10-12 см.

Из органических удобрений вносили навоз один раз за ротацию севооборотов под сахарную свёклу в одинарной дозе (40 т/га) и двойной (80 т/га) – на гектар

севооборотной площади соответственно по 8 и 16 т. Минеральные удобрения применяли ежегодно под каждую культуру. Одинарная доза удобрений (50-90 кг д.в/га) рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия, а двойная доза (100-180 кг д.в/га) – на расширенное. В среднем на 1 га севооборотной площади односторонняя доза минеральных удобрений составляла: для зернотравянопропашного севооборота –  $N_{42}P_{62}K_{62}$ , для зернопропашного –  $N_{62}P_{62}K_{62}$ , для зернопаропропашного –  $N_{54}P_{62}K_{62}$ .

**Результаты и их обсуждение.** По продуктивности на первом месте находится зернопаропропашной севооборот, что связано с насыщением его интенсивными культурами. Так, в среднем по трем обработкам почвы продуктивность на абсолютном контроле составила 3,69 т з.е/га, в то время как на зернопропашном и зернотравянопропашном, соответственно, 3,44 и 3,15 т з.е/га (табл. 1). При внесении удобрений преимущество по продуктивности остается за севооборотами с большим насыщением пропашными культурами.

**1. Продуктивность севооборотов в зависимости от основной обработки почвы и уровня удобренности, т з.е/га (среднее за четыре ротации севооборотов, 1988-2011 гг.)**

На-воз, т/га	Минеральные удобр., доза	ЗТ			ЗП			ЗПП			Среднее по обработкам			Среднее по севооборотам		
		В	Б	М	В	Б	М	В	Б	М	В	Б	М	ЗТ	ЗП	ЗПП
	0	3,19	3,16	3,10	3,55	3,45	3,32	3,80	3,72	3,54	3,51	3,44	3,32	3,15	3,44	3,69
0	1	4,35	4,30	4,42	4,95	4,81	4,68	5,17	5,03	4,84	4,82	4,71	4,65	4,36	4,81	5,01
	2	4,81	4,79	4,70	5,53	5,37	5,24	5,78	5,66	5,49	5,37	5,27	5,14	4,77	5,38	5,64
	0	3,73	3,72	3,61	4,15	4,08	3,94	4,42	4,31	4,23	4,10	4,04	3,93	3,69	4,06	4,32
8	1	4,67	4,61	4,57	5,31	5,22	5,10	5,58	5,46	5,33	5,19	5,10	5,00	4,61	5,21	5,46
	2	5,09	5,05	4,98	5,74	5,77	5,59	6,11	5,94	5,88	5,65	5,59	5,48	5,04	5,70	5,98
	0	4,02	4,16	3,96	4,46	4,40	4,30	4,80	4,71	4,53	4,43	4,42	4,26	4,05	4,39	4,68
16	1	5,01	5,00	4,91	5,70	5,65	5,48	5,95	5,91	5,57	5,55	5,52	5,32	4,97	5,61	5,81
	2	5,48	5,43	5,40	6,18	6,12	5,97	6,50	6,35	6,25	6,05	5,97	5,87	5,44	6,09	6,37
	Среднее	4,48	4,47	4,41	5,06	4,99	4,85	5,35	5,23	5,07	4,96	4,90	4,78	4,45	4,97	5,22
НСР <sub>05</sub> = 0,7																

*Примечания.* В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка; севообороты: ЗТ – зернотравянопропашной, ЗП – зернопропашной, ЗПП – зернопаропропашной.

1 – одинарная доза на 1 га севооборотной площади –  $N_{42-62}P_{62}K_{62}$ , 2 – двойная доза.

В вариантах без удобрений во всех трех севооборотах преимущество по продуктивности имела вспашка, на втором месте – безотвальная обработка, а минимальная обработка уступает обоим способам обработки. Эта же тенденция и с применением навоза и минеральных удобрений. Однако, с увеличением уровня удобренности различия между обработками нивелируются, что связано, по всей вероятности, с каким-то другим фактором, находящимся в минимуме (например, с продуктивной влагой).

Эффективность минеральных удобрений определяется видом севооборота, способом основной обработки почвы, уровнем применения органических удобрений. Если в первом севообороте (зернотравянопропашном) на безнавозном фоне от единичной дозы минеральных удобрений увеличение продуктивности составило 1,21 т з.е/га, то во втором и третьем – 1,32-1,37, а дополнительный сбор продукции от двойных доз, соответственно, 1,62, 1,94 и 1,95 т з.е/га. Прибавки от навоза также следуют данной закономерности: в среднем по трем обработкам прибавка от единичной дозы навоза составила, соответственно, 0,54, 0,62 и 0,63 т з.е/га, а от двойной – 0,90, 0,95 и 0,99 т з.е/га. Преимущество зернопаропропашного севооборота по продуктивности от внесения удобрений объясняется большей насыщенностью его пропашными культурами, лучшей обеспеченностью подвижными элементами питания и содержанием влаги в почве за счет чистого пара.

Эффективность навоза и промышленных удобрений в среднем по трем обработкам примерно одинакова: падение урожаев на абсолютном контроле происходит на безотвальных обработках более быстрыми темпами, чем в удобренных вариантах. Например, прибавки урожаев от единичных доз минеральных удобрений составили 1,27-1,33 т з.е/га, а от двойных – 1,82-1,86 т з.е/га. Продуктивность от одной дозы навоза увеличилась на 0,59-0,60 т/га, а от двух – 0,92-0,98 т/га. Эти различия находятся в пределах ошибки наблюдения и относятся к одной генеральной совокупности.

Анализ факторного влияния на продуктивность культур (табл. 2) подтверждает закономерности, имеющиеся для севооборота в целом. Для культур сплошного посева получены практически одинаковые урожаи, а имеющиеся в некоторых случаях различия статистически недостоверны как по критерию Фишера, так и по НСР<sub>05</sub>.

По всем культурам отмечено высокое действие удобрений. Так, прибавки от двойных доз навоза составили: для свеклы 22,5%, озимой пшеницы 14,8, ячменя 14,7, гороха 6,4, кукурузы на зерно 14,8, многолетних трав 13,5-14,9 %, от двойных доз минеральных удобрений, соответственно, 57,7; 32,5; 30,2; 33,9; 31,3; 37,5; 23,6-27,3%. По навозу прослеживается следующая тенденция: прибавки урожаев уменьшаются по мере удаления культуры от места внесения навоза в севообороте.

## 2. Влияние элементов системы земледелия на продуктивность культур и севооборота (среднее за четыре ротации севооборотов, 1988-2011 гг.)

Фактор	Сахарная свекла, т/га	Средняя продуктивность, т.з.е/га							
		озимая пшеница	ячмень	горох	кукуруза на зерно	кукуруза на силос	травы 1-го г.п.	травы 2-го г.п.	севооборот
A1	37,3	3,68	3,90	2,22	5,50	33,2	5,03	4,68	4,45
A2	36,2	3,73	3,85	-	-	33,8	-	-	4,96
A3	37,7	4,12	-	-	-	-	-	-	5,22
B1	38,0	3,80	3,90	2,24	5,70	34,5	5,01	4,77	4,96
B2	37,3	3,86	3,89	2,19	5,50	33,8	4,95	4,59	4,89
B3	35,9	3,85	3,84	2,24	5,40	32,3	5,13	4,62	4,78
C1	33,3	3,57	3,59	2,04	5,10	31,1	4,88	4,32	4,47
C2	37,2	3,84	3,92	2,22	5,50	33,8	5,05	4,66	4,89
C3	40,8	4,10	4,12	2,41	6,00	35,7	5,36	5,01	5,27
D1	27,9	3,23	3,28	1,89	4,80	27,7	4,47	4,10	3,94
D2	39,4	4,01	4,08	2,26	5,70	34,8	5,04	4,66	5,10
D3	44,0	4,28	4,27	2,53	6,30	38,1	5,58	5,23	5,60
F <sub>ф</sub> /F <sub>ос</sub> : A	4,1/5,1	2,9/5,1	0,3/10,1	-	-	0,4/10,1	-	-	27,9/5,1
B	9,2/3,6	1,0/3,6	2,6/3,9	2,4/5,1	4,6/5,1	38,6/3,9	08/5,1	3,1/5,1	21,1/3,6
C	207,1/3,2	43,5/3,2	39,2/3,3	20,9/3,6	17,5/3,6	90,6/3,3	80,9/3,6	45,6/3,6	169,3/3,2
D	1283,2/3,1	194,0/3,1	541,0/3,1	414,0/3,2	241,0/3,2	155,0/3,1	247,0/3,2	108,0/3,2	2364,5/3,1
HCP <sub>ос</sub> : A	1,40	0,50	0,27	-	-	2,90	-	-	0,26
B	1,10	0,09	0,06	0,06	0,30	0,80	0,37	0,39	0,08
C	0,70	0,11	0,12	0,12	0,32	0,70	0,11	0,25	0,09
D	0,60	0,11	0,08	0,05	0,16	0,54	0,10	0,19	0,05

Примечание. А – севооборот, В – обработка почвы, С – органические удобрения, D – минеральные удобрения.

Эффективность навоза и минеральных удобрений в отношении продуктивности уменьшается в ряду вспашка – безотвальная обработка – минимальная обработка. Взаимодействие навоза и минеральных удобрений было положительным при всех уровнях этих факторов.

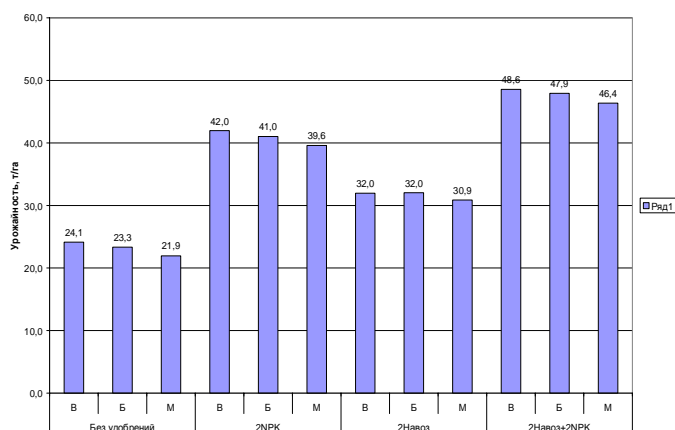


Рис. Влияние основной обработки почвы на продуктивность сахарной свеклы (1988-2007 гг.)

Приведенный в качестве примера, график по влиянию обработки почвы на продуктивность сахарной свёклы (рис.), иллюстрирует роль культуры в продуктивности пашни и эффективности различных агротехнических

факторов. На сахарной свекле наблюдается недобор корнеплодов в 2,2-2,4 т/га от мелкой обработки почвы.

**Выводы.** В среднем за четыре ротации севооборотов среди основных обработок почвы наиболее эффективна вспашка, однако это в основном за счет пропашных культур; на культурах сплошного посева все обработки были равноценными. Самым продуктивным оказался севооборот с максимальным насыщением пропашными культурами, т.е. зернопаропропашной.

### Литература

1. Качанин А.Л. Агрохимические основы повышения эффективности чистых паров в Центрально-Черноземной зоне // В кн.: Совершенствование технологий возделывания зерновых культур. – Воронеж, 1987. – С. 86-91.
2. Кульбиба В.В., Бородаев В.А. Альтернативное земледелие: его возможности и перспективы // Земледелие. – 1994. – № 5. – С. 16-18.
3. Листопадов И.Н. Минимизация, а не упрощение // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 25-27.
4. Михайлов В.В., Богомазов К.В. Обработка почвы в Пензенской области // Земледелие. – 2005. – № 4. – С. 12-13.
5. Саленков С.Н. Современные энергосберегающие технологии // Земледелие. – 2001. – №5. – С. 8-9.
6. Соловichenko В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование / В.Д. Соловichenko, С.И. Тютюнов. – Белгород: Отчий край, 2013. – 372 с.
7. Щербаков А.П., Васнев И.И. Экологические проблемы плодородия почв Центрально-Черноземной области // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 88-96.

## THE INFLUENCE OF DIFFERENT FARMING SYSTEMS ON THE PRODUCTIVITY OF CHERNOZEMS IN THE SOUTH-WESTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM ZONE

A.N. Voronin, V.D. Solovchenko, Belgorodsky Agricultural Research Center of the Russian Academy of Science, Otkyabrskaya ul. 58, 308001 Belgorod, Russia, E-mail: [laboratoria.plodorodya@yandex.ru](mailto:laboratoria.plodorodya@yandex.ru)

In a field stationary experiment, organized in 1987, examines the scientific bases of soil fertility remediation, an influence of crop rotation types, methods of soil tillage and fertilizers on the productivity of agricultural crops and their economic and energy efficiency. After four rotations it was found that the most productive one is the grain-crop rotation, which is can be explained by the high amount of intensive crops. In variants without fertilization, the average productivity in the fourth rotation was 3.69 t/ha W.e., slightly less in grain – 3.44 t/ha and grain-grass – 3.15 t/ha crop rotations. The highest average productivity was in the grain-pasture crop rotation (6.37 t/ha) with application of mineral fertilizers N108P124K124 and manure 16 t/ha of crop rotation area, and for soil treatment more efficient plowing – 4.96 t/ha, and with minimal processing received by 0.18 t/ha less. On cultures of continuous sowing (cereals, legumes, grasses) all treatments were very close compared in productivity. The most productive crop rotation for four rotations is a grain-crop rotation which contains more row crops, better provided with nutrients and accumulated more productive moisture in the soil due to black fallow.

Keywords: soil, fertility, types of crop rotations, methods of soil treatment, fertilizers, culture, production, efficiency.