

УДК 631.452:631.559:633.11:633.15

DOI: 10.25230/2412–608X–2020–2–182–88–93

## Плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы и кукурузы на зерно в короткоротационном севообороте при различных технологиях выращивания

**В.М. Кильдюшкин,**

доктор сельскохозяйственных наук

**А.Г. Солдатенко,**

кандидат сельскохозяйственных наук

**Е.Г. Животовская,**

старший научный сотрудник

ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»

Россия, 350012, г. Краснодар-12, Центральная

усадьба КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко

E-mail: kniish@kniish.ru

*Для цитирования:* Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы и кукурузы на зерно в короткоротационном севообороте при различных технологиях выращивания // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 88–93.

**Ключевые слова:** почва, технология, влага, удобрения, гумус, плотность, урожайность.

Исследования проводили в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» на черноземе выщелоченном деградированном малогумусном сверхмощном в 3-польном зернопропашном севообороте, где изучали влияние трех технологий возделывания: традиционной, мульчирующей с разуплотнением и минимальной мульчирующей, на показатели плодородия почвы и урожайность полевых культур. Дозы удобрений в среднем по севообороту составили: под озимую пшеницу –  $N_{120}P_{25}K_{13}$ , под кукурузу на зерно –  $N_{65}P_{24}K_{10}$ . Установлено, что под озимой пшеницей и кукурузой на зерно наибольшие запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см были при традиционной технологии (145,0 мм), а наименьшие – при минимальной мульчирующей обработке почвы (119,4 и 131,0 мм). К уборке этих культур запасы влаги в почве значительно сократились (до 31–60 мм), особенно на минимальной технологии. Плотность почвы в

слоях 0–20 см и 20–40 см под этими культурами меньшей была на традиционной и разуплотняющей технологиях – от 1,28 до 1,34 г/см<sup>3</sup>. Содержание общего гумуса в 0–30 см слое на фоне  $N_{73}P_{27}K_{12}$  + сидерат по изучаемым технологиям за 5 лет (2015–2019 гг.) незначительно возросло: на традиционной технологии – до 3,43 %, на мульчирующих – до 3,45–3,47 %, по сравнению с исходным состоянием (3,39–3,41 %). На вариантах без удобрений содержание гумуса осталось на исходном уровне. Урожайность озимой пшеницы на неудобренном фоне по технологиям была низкой, но на традиционной и мульчирующей с разуплотнением она была выше (3,9 и 3,8 т/га), чем на минимальной мульчирующей (3,5 т/га). При полном удобрении  $N_{120}P_{25}K_{13}$  урожайность пшеницы значительно возросла по технологиям и большей была на первых двух (7,0 и 6,8 т/га) по сравнению с минимальной мульчирующей (6,5 т/га). Аналогичная закономерность была и по урожайности кукурузы на зерно, где на неудобренных вариантах она составила соответственно 4,5; 4,1 и 3,1 т/га, а на фоне  $N_{65}P_{24}K_{10}$  – 6,1; 5,4 и 4,3 т/га.

UDC 631.452:631.559:633.11:633.15

## Soil fertility and yield of winter wheat and corn for grain in short crop rotations with different growing technologies

**V.M. Kildyushkin,** doctor of agriculture

**A.G. Soldatenko,** PhD in agriculture

**E.G. Zhivotovskaya,** senior researcher

National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko  
Russia, 350012, Krasnodar-12, Central estate of  
KNIISKH named after P. P. Lukyanenko

E-mail: kniish@kniish.ru

**Key words:** soil, technology, moisture, fertilizers, humus, density, yield.

We studied influence of three cultivation technologies: traditional one, mulching with soil loosing, and minimal mulching on indicators of soil fertility and yield of field crops. We conducted our researches in fields of the National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko on leached degraded low-humus black soil in three-field grain crop rotation. Fertilizer doses in average for crop rotation were: under winter wheat –  $N_{120}P_{25}K_{13}$ , under corn for grain –  $N_{65}P_{24}K_{10}$ . We found out the largest reserves of productive moisture (145.0 mm) in 0–100 cm of the soil layer under winter wheat and corn for grain were at traditional technology, and the smallest (119.4 and 131.0 mm) – at minimal mulching. By the harvesting of these crops, soil moisture reserves have been reduced to 31–60 mm, especially at minimal technology. The soil density in layers of 0–20 cm and 20–40 cm under these crops was lower on traditional and decompress-

sion technologies – from 1.28 to 1.34 g per cm<sup>3</sup>. The content of total humus in the 0–30 cm layer under application of N<sub>73</sub>P<sub>27</sub>K<sub>12</sub> + siderite on the studied technologies for five years (2015–2019) increased slightly: on traditional technology – to 3.43%, on mulching – to 3.45–3.47%, compared to the initial state of 3.39–3.41%. On variants without fertilizer application, the humus content remained at the initial level. The yield of winter wheat cultivating without fertilizers was low by technologies, but on the traditional one and mulching with decompression it was higher (3.9 and 3.8 t per ha) than on the minimum mulching (3.5 t per ha). Under the full fertilizer N<sub>120</sub>P<sub>25</sub>K<sub>13</sub>, the yield of wheat increased significantly by technologies and was greater on the first two (7.0 and 6.8 t per ha) compared to the minimum mulching (6.5 t per ha) The same we observed on the corn yield where it was and 4.5; 4.1 and 3.1 t per ha, respectively, without fertilizers and at application of N<sub>65</sub>P<sub>24</sub>K<sub>10</sub> it increased up to 6.1, 5.4 and 4.3 t per ha, respectively.

**Введение.** Известно, что озимая пшеница и кукуруза на зерно являются одними из основных полевых культур в земледелии Краснодарского края по обеспечению производства пищевой и кормовой продукции. Сельскохозяйственное производство в 90-е годы XX столетия приняло более специализированный характер. Этому процессу способствовали реформирование аграрного сектора экономики и изменение формы собственности на землю, и, как результат, все это привело к разукрупнению сельскохозяйственных предприятий и образованию мелкотоварных хозяйств с ограниченными земельными площадями. Именно для таких хозяйств остро возникла потребность в разработке агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе узкоспециализированных короткоротационных севооборотов с малым набором культур, способствующих росту урожайности и сохранению почвенного плодородия.

**Материалы и методы.** Стационарный опыт заложен осенью 2014 г. в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» на черноземе выщелоченном деградированном малогумусном сверхмощном в 3-польном зернопропашном севообороте, где изучали

влияние различных технологий на показатели плодородия почвы и урожайность полевых культур. Всю побочную продукцию и сидераты (рапс, кукуруза) заделывали в почву как органическое удобрение. Фосфорные (аммофос, азофоска) и калийные (хлористый калий) удобрения вносили осенью под основную обработку, а азотные (аммиачная селитра) – весной по результатам почвенной диагностики. Чередование культур в севообороте: кукуруза на зерно – озимая пшеница – соя. Схема опыта включала два уровня питания: без удобрения и среднюю дозу N<sub>73</sub>P<sub>27</sub>K<sub>12</sub>. Изучали три технологии:

1. Традиционная технология (отвальная вспашка на глубину 20–22 см под яровые пропашные культуры и поверхностная на глубину 8–10 см под озимую пшеницу).

2. Мульчирующая с разуплотнением (чизелевание на глубину 35–38 см под пропашные культуры и поверхностная на глубину 8–10 см под озимую пшеницу).

3. Минимальная мульчирующая на глубину 8–10 см под все культуры севооборота.

Дозы удобрений в среднем по севообороту составили: под озимую пшеницу N<sub>120</sub>P<sub>25</sub>K<sub>13</sub>, под кукурузу на зерно – N<sub>65</sub>P<sub>24</sub>K<sub>10</sub>.

Исходное содержание общего гумуса в 0–30 см слое почвы (метод И.В. Тюрина) – 3,40 %, доступного фосфора – 51–54 мг/кг почвы и обменного калия – 362–371 мг/кг (высокое) (метод Б.П. Мачигина). Реакция почвенного раствора: рН солевой вытяжки 5,1–5,3, гидролитическая кислотность Нг – 4,9–6,0 мг-экв./100 г почвы. Плотность почвы определяли по методу Н.А. Качинского, влажность почвы – термостатно-весовым методом, урожайность учитывали сноповым способом и прямым комбайнированием. Статистическую обработку данных проводили по методике в изложении Б.А. Доспехова [4].

**Результаты и обсуждения.** Погодные условия 2015, 2016, 2018 гг. для вегета-

ции озимой пшеницы складывались благоприятно при достаточном количестве выпадавших осадков в мае и июне. Менее благоприятны были 2017 и 2019 гг., в первом случае из-за избытка осадков (май – июль), а во втором – из-за недостатка их в июне и повышенной температуры воздуха. Для кукурузы наиболее благоприятными были 2016 и 2017 гг. с хорошей обеспеченностью осадками, а 2015, 2018 и 2019 гг. были удовлетворительными, т.к. в конце июня и начале июля в период формирования початков наблюдался недостаток влаги при повышенной температуре воздуха (34,6–36,9 °С).

Изучение водного баланса под озимой пшеницей по предшественнику кукуруза на зерно в среднем за 2015–2019 гг. показало, что наибольшие запасы продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы в начале весенней вегетации (18–20 марта) наблюдались при традиционной технологии – 144,9, а наименьшие – при минимальной мульчирующей – 119,4 мм, (табл. 1).

Таблица 1

**Водный баланс и водопотребление озимой пшеницы и кукурузы на зерно в 3-польном зернопропашном севообороте при различных технологиях выращивания (среднее за 2015–2019 гг.)**

Показатели	Технология					
	традиционная		мульчирующая с разуплотнением		минимальная мульчирующая	
	озимая пшеница	кукуруза на зерно	озимая пшеница	кукуруза на зерно	озимая пшеница	кукуруза на зерно
Запасы продуктивной влаги в начале вегетации в слое 0–100 см, мм	144,9	145,3	135,5	136,2	119,4	131,0
Запасы продуктивной влаги в конце вегетации в слое 0–100 см, мм	60,0	35,3	38,0	33,0	25,0	31,4
Сумма осадков за вегетационный период, мм	237,8	259,1	237,8	259,1	237,8	259,1
Суммарное водопотребление, мм	322,7	369,1	335,3	362,3	332,2	358,7
Урожайность, т/га	7,0	6,1	6,8	5,4	6,5	4,3
Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	461	601	493	671	511	834

Мульчирующая технология с разуплотнением занимала среднее положение – 135,5 мм. К концу вегетации пшеницы запасы влаги в почве резко снизились, но закономерность осталась той же с преимуществом традиционной технологии. Запасы влаги в слое почвы 0–100 см на период посева кукурузы на зерно (16–18 апреля) также наибольшими были при традиционной технологии и составляли 145,3 мм. На мульчирующей с разуплотнением и минимальной мульчирующей технологиях запасы влаги были наименьшими и близкими – 136,2 и 131,0 мм. К концу вегетации кукурузы запасы влаги в почве по технологиям уменьшились в 4 раза, но преимущество оставалось за традиционной технологией. Наиболее экономично влага использовалась озимой пшеницей и кукурузой на зерно на традиционной технологии с коэффициентами водопотребления 461 и 601 м<sup>3</sup> на тонну зерна соответственно, а менее эффективно – при минимальной мульчирующей технологии с коэффициентами 511 и 834 м<sup>3</sup>/т. Определение потенциального плодородия почвы в слое 0–30 см показало, что содержание общего гумуса за две ротации севооборота (2015–2019 гг.) в вариантах без удобрений по технологиям практически осталось на исходном уровне – 3,38–3,40 % (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение содержания общего гумуса в 0–30 см слое в короткоротационном севообороте в зависимости от технологий возделывания полевых культур**

Технология	Содержание гумуса, %		
	2015 г.	2019 г.	
	исходное	без удобрений	N <sub>73</sub> P <sub>27</sub> K <sub>12</sub> + сидерат
Традиционная	3,39	3,38	3,43
Мульчирующая с разуплотнением	3,40	3,39	3,45
Минимальная мульчирующая	3,41	3,40	3,47

Применение средней дозы  $N_{73}P_{27}K_{12}$  + сидераты способствовало небольшому повышению гумуса: при традиционной технологии – на 0,04 %, мульчирующей с разуплотнением – на 0,05 % и минимальной мульчирующей – на 0,06 %. При изучении питательного режима почвы в слое 0–30 см установлено, что на неудобренном фоне содержание подвижного фосфора и обменного калия оставалось близким к исходному уровню и не имело существенных различий по технологиям. Применение полного минерального удобрения способствовало небольшому повышению содержания основных элементов питания: минерального азота – с 3,0–3,5 мг/кг до 6,2–7,5 мг/кг, подвижного фосфора – с 51–54 до 59–65 и обменного калия – с 362–371 до 373–384 мг/кг, при этом по технологиям существенных различий не отмечено. Изучение агрофизических свойств почвы под озимой пшеницей показало, что наименьшая и более благоприятная для роста и развития культуры плотность сложения в слоях 0–20 и 20–40 см была при традиционной и мульчирующей с разуплотнением технологиях и соответственно составляла 1,30; 1,28 и 1,34; 1,33 г/см<sup>3</sup> (табл. 3).

Таблица 3

*Агрофизические свойства почвы в 3-польном зернопропашном севообороте под озимой пшеницей и кукурузой на зерно в зависимости от технологии выращивания (среднее за 2015–2019 гг.)*

Технология	Горизонт, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Агрономически ценные агрегаты (0,25–10 мм), %	Коэффициент структурности
Традиционная	0–20	1,30	64	1,8
	20–40	1,34	68	2,1
Мульчирующая с разуплотнением	0–20	1,28	66	1,9
	20–40	1,33	69	2,2
Минимальная мульчирующая	0–20	1,36	72	2,4
	20–40	1,39	74	2,5
Кукуруза на зерно				
Традиционная	0–20	1,28	65	1,9
	20–40	1,32	72	2,7
Мульчирующая с разуплотнением	0–20	1,26	67	2,3
	20–40	1,31	74	2,9
Минимальная мульчирующая	0–20	1,34	69	2,0
	20–40	1,38	73	2,8

При минимальной мульчирующей технологии плотность почвы была значительно выше – 1,36 и 1,39 г/см<sup>3</sup>. Аналогичные данные приводят и другие авторы [1; 2]. Сухой рассев почвы показал, что при минимальной мульчирующей технологии агрономически ценных агрегатов с высоким коэффициентом структурности (2,4 и 2,5) было несколько больше – 72 и 74 %, по сравнению с традиционной и мульчирующей с разуплотнением технологиями. В целом же структурность почвы по технологиям была хорошей. Аналогичная закономерность отмечена и по кукурузе на зерно, но с несколько меньшей плотностью почвы по слоям, чем под озимой пшеницей.

Анализ продуктивности озимой пшеницы в среднем за 5 лет показал, что способ основной обработки почвы по предшественнику кукуруза на зерно в технологиях на неудобренном фоне слабо повлиял на ее урожайность, которая колебалась от 3,5 т/га на минимальной мульчирующей до 3,8–3,9 т/га на мульчирующей с разуплотнением и традиционной технологиях (табл. 4).

Таблица 4

*Урожайность полевых культур (т/га) в 3-польном зернопропашном севообороте в зависимости от технологии выращивания (среднее за 2015–2019 гг.)*

Технология	Культура				
	озимая пшеница		кукуруза на зерно		
	без удобрений	$N_{120}P_{25}K_{13}$	без удобрений	$N_{65}P_{24}K_{10}$	$N_{65}P_{24}K_{10}$ + сидераты
Традиционная	3,9	7,0	4,5	6,1	6,5
Мульчирующая с разуплотнением	3,8	6,8	4,1	5,4	5,9
Минимальная мульчирующая	3,5	6,5	3,1	4,3	4,8
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,22		0,42		

Применение полного минерального удобрения  $N_{120}P_{25}K_{13}$  значительно повысило сбор зерна пшеницы по технологиям: на традиционной – до 7,0 т/га, на

мульчирующей с разуплотнением – до 6,8 т/га и несколько меньше на минимальной мульчирующей – до 6,5 т/га. При анализе урожайности кукурузы на зерно установлено, что различные способы основной обработки почвы в технологиях на неудобренном фоне имели более существенную разницу по урожайности, чем на озимой пшенице. При этом на традиционной технологии урожайность кукурузы была наибольшей – 4,5 т/га, а на минимальной мульчирующей технологии наименьшей – 3,1 т/га. Применение минеральных удобрений  $N_{65}P_{24}K_{10}$ , особенно совместно с сидератом, существенно повысило урожайность зерна кукурузы на традиционной технологии – до 6,5 т/га, на мульчирующей с разуплотнением – до 5,9 и на минимальной мульчирующей – до 4,8 т/га. Подобные данные в пользу традиционной технологии приводят и другие исследователи [2; 3].

Расчеты экономической эффективности выращивания озимой пшеницы в ценах 2019 г. в среднем за 5 лет (2015–2019 гг.) показали, что наибольший условно чистый доход 41380 р./га с меньшей себестоимостью зерна 409 р./ц и наибольшей рентабельностью 144 % получен при традиционной технологии, а наименьший – при минимальной мульчирующей соответственно: 36650 р./га с большей себестоимостью зерна 436 р./ц и наименьшей рентабельностью 129 %. Мульчирующая с разуплотнением технология занимала среднее положение.

**Выводы.** 1. Наибольшие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы под озимой пшеницей и кукурузой на зерно рано весной (март) накапливались на традиционной технологии – 145 мм с наименьшими коэффициентами водопотребления 461 и 601 м<sup>3</sup> на тонну зерна соответственно, по сравнению с минимальной мульчирующей технологией – 119 и 131 мм и 511 и 834 м<sup>3</sup>/т.

2. Содержание общего гумуса в почве за 5 лет на неудобренном фоне по изучаемым технологиям осталось на исходном уровне – 3,39–3,41 %, а на фоне  $N_{73}P_{27}K_{12}$  + сидерат отмечено небольшое его повышение – на 0,04–0,07 %.

3. Повышенное исходное содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия на неудобренном и удобренном фонах не претерпело существенных изменений, а при низкой обеспеченности почвы минеральным азотом (5,1–7,0 мг/кг) внесение азотных удобрений под изучаемые культуры на планируемую урожайность значительно повышало его содержание.

4. Наиболее благоприятная плотность почвы под пшеницей и кукурузой в слое 0–20 см (1,28–1,30 и 1,26–1,28 г/см<sup>3</sup>) и в слое 20–40 см (1,33–1,34 и 1,31–1,32 г/см<sup>3</sup>) складывалась на традиционной и мульчирующей с разуплотнением технологиях по сравнению с минимальной мульчирующей технологией (1,34–1,36 и 1,38–1,39 г/см<sup>3</sup> соответственно).

5. Способы основной обработки почвы в технологиях под озимой пшеницей и кукурузой на зерно на неудобренном фоне слабо повлияли на их урожайность. У озимой пшеницы на минимальной мульчирующей технологии урожайность составила 3,5 т/га, а на мульчирующей с разуплотнением и традиционной технологиях – 3,8–3,9 т/га. На фоне полного удобрения  $N_{120}P_{25}K_{13}$  сбор зерна значительно возрос – до 6,5, 6,8 и 7,0 т/га с преимуществом традиционной технологии. Урожайность кукурузы на неудобренном фоне соответственно технологиям составила 3,1; 4,1 и 4,5 т/га. Полное удобрение  $N_{65}P_{24}K_{10}$  в сочетании с сидератом существенно повысило сбор зерна – до 4,8, 5,9 и 6,5 т/га, с преимуществом традиционной технологии.

6. При возделывании озимой пшеницы и кукурузы на зерно в 3-польном севообороте наиболее эффективной была тради-

ционная технология с уровнем рентабельности 144 и 149 % соответственно.

#### Список литературы

1. *Гармашов В.М.* Принципы и методы оптимизации основной обработки почвы и воспроизводства плодородия чернозема обыкновенного в зернопропашном севообороте ЦЧР: автореф. дис. ... д-ра с.-х наук / Владимир Михайлович Гармашов. – Рамонь, 2018. – 42 с.

2. *Ахтырцев М.М.* Повышение продуктивности кукурузы при приемах основной обработки почвы в системе применения гербицидов на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Михаил Михайлович Ахтырцев. – Краснодар, 2013. – 24 с.

3. *Самыкин В.Н., Соловиченко В.Д.* [и др.]. Влияние разных агроприемов на продуктивность, экономическую и биоэнергетическую эффективность возделывания кукурузы // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 42–44.

4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

#### References

1. *Garmashov V.M.* Printsipy i metody optimizatsii osnovnoy obrabotki pochvy i vosproizvodstva plodorodiya chernozema obyknovennogo v zernopropashnom sevooborote TsChR: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh nauk / Vladimir Mikhaylovich Garmashov. – Ramon', 2018. – 42 s.

2. *Akhtyrtsev M.M.* Povyshenie produktivnosti kukuruzy pri priemakh osnovnoy obrabotki pochvy v sisteme primeneniya gerbitsidov na chernozeme obyknovennom Zapadnogo Predkavkaz'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Mikhail Mikhaylovich Akhtyrtsev. – Krasnodar, 2013. – 24 s.

3. *Samykin V.N., Solovichenko V.D.* [i dr.]. Vliyanie raznykh agropriemov na produktivnost', ekonomicheskuyu i bioenergeticheskuyu effektivnost' vozdevlyvaniya kukuruzy // Zemledelie. – 2011. – № 4. – S. 42–44.

4. *Dospikhov B.A.* Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

*Получено:* 12.03.2020    *Принято:* 27.05.2020  
*Received:* 12.03.2020    *Accepted:* 27.05.2020