

берегающих технологий возделывания зерновых культур // Земледелие. – 2016. – №6. – С. 16-19.

2. Рзаева В.В., Федоткин В.А. Влияние способа и глубины основной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в Северной лесостепи Тюменской области // Известия ОГАУ. – 2017. – №5. – С. 21-23.

3. Завалин А.А. Научно обоснованные агротехнологии – основа успеха // Земледелие. – 2014. – №3. – С. 30-32.

4. Васильев И.В., Федюнин С.А., Шустер Д.В. Влияние минимализации обработки почвы на условия развития и урожайность яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Известия ОГАУ. – 2017. – №2. – С. 11-14.

5. Вьюров В.В., Архипкин В.Г. Совершенствование почвозащитной обработки в Приуралье после освоения целины // Известия ОГАУ. – 2014. – №6. – С. 11-13.

6. Золотухин А.И., Бобюкова Ю.А. Сравнительная эффективность различных способов обработки почвы в звене севооборота в условиях Юго-Востока Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №4. – С. 136-142.

7. Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. – № 2(119). – 2021. – С.55-60.

8. Конищев А.А., Белингов А.И., Конищева Е.Н. Обоснование нового подхода к выбору технологии обработки почвы // Аграрный вестник Урала. – 2015. – №4(134). – С. 41-44.

9. Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах // Известия ОГАУ. – 2019. – №3(77). – С. 27-30.

10. Максютков Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Агротехнические приёмы предотвращения эрозийных процессов в степной зоне Южного Урала // Известия ОГАУ. – 2020. – №3. – С. 9-11.

11. Скороходов В.Ю., Зенкова Н.А. Образование и содержание гумуса в паровых полях севооборотов и бессменном пару на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Плодородие. – № 6. – 2019. – С. 28-31.

12. Кузина Е.В. Агрофизические показатели чернозёма выщелоченного и урожайность зерновых культур при ресурсосберегающей системе основной обработки почвы // Пермский аграрный вестник. – 2013. – №3. – С. 4-7.

13. Ленточкин А.М., Ширококов П.Е., Ленточкина Л.А. Нулевая, минимальная или отвальная обработки почвы // Земледелие. – 2016. – №2. – С. 8-12.

14. Лоцинина А.А., Борин А.А. Эффективность использования в севообороте агротехнологий разной интенсивности // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2017. – № 3(20). – С. 5-10.

15. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. – 2019. – №3. – С. 3-7.

16. Николаев В.А., Мазиров М.А., Зинченко С.И. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства структурного состояния почвы // Земледелие. – 2015. – №5. – С. 18-20.

UDC: 631.51:551.5 (470.56)

DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.08

## THE ROLE OF THE DEPTH AND METHOD OF WINTER TILLAGE IN REDUCING DROUGHT IN THE ORENBURG REGION

Skorokhodov V. Yu., Maksyutov N.A., Zorov A. A., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N.A.  
Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences  
460051, Orenburg, ave. Gagarina, 27/1, e-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru

An important role in the fight against drought, due to the greater accumulation of spring soil moisture, is played by the depth of tillage and the rejection of the main winter treatment and the transition to minimum and zero spring treatments and the use of dump and non-dump treatments everywhere are the reasons that enhance the effects of drought. The Orenburg region has a very large soil and climatic diversity, so there should be a zonal approach to the main soil treatment. All the above-mentioned tillage systems were studied by us in long-term stationary experiments, on the basis of which their effectiveness was established in field crop rotations, in which they should be used in a rational combination of dump, dump-free and minimal treatments. The yield of durum wheat increases by 2.3 c from 1 ha when using dump plowing. The disadvantage of using minimal tillage is the contamination of crops with perennial weeds. The main reason for the low moisture reserves on soils with minimal treatment and untreated backgrounds since autumn was the increased soil density. Based on the research, it was found that the efficiency of minimal tillage increases from the dry steppe to the arid and forest-steppe. In the dry steppe, minimal tillage leads to a decrease in the yield of agricultural crops in 50% of years, so it should be applied taking into account its density.

Keywords: drought, tillage, crop rotation, weeds, yield, soil density, nitrate nitrogen, soil fertility.

УДК 631.17:631.4

DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.09

## ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПРИБАВКИ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ И ИХ ОКУПАЕМОСТЬ НА ОБЫКНОВЕННОМ СОЛОНЦЕВАТОМ ЧЕРНОЗЁМЕ

Сообщение 3. Макушинское опытное поле

О.В. Волюнкина, к.с.-х.н., ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»  
г. Екатеринбург (Россия) 641325 с. Садовое, Кетовский р-н, Курганская обл., ул. Ленина 9, Россия  
E-mail: [kniish@ketovo.zaoral.ru](mailto:kniish@ketovo.zaoral.ru)

Показаны результаты одного из трёх зональных длительных стационарных исследований, проведённых на Макушинском опытном поле Курганского НИИСКХ. В зернопаровом севообороте пар – 3 пшеницы и в зернопропашном кукуруза – 3 пшеницы испытано разное насыщение азотом гектара пашни севооборота –  $N_{20-40-60}$  на фоне средне-взвешенной дозы фосфора  $P_{20}$ . Эффективность действия доз азота оценена по предельным прибавкам, полученным от каждого шага изменения состава удобрения и повышения дозы азота. В зернопаровом севообороте действие одного фосфорного удобрения в дозе  $P_{20}$  на урожайность 1-й пшеницы выражалось высокой прибавкой – 6 ц/га, что обосновано очень низким содержанием в почве подвижного фосфора. Добавление азота к фосфору в этом поле эффекта не дало. На 2-й пшенице после пара внесение  $P_{20}$  повысило урожайность на 3 ц/га, а вариант

$N_{20}P_{20}$  дал дополнительно 2,4 ц/га при общей прибавке 5,4 ц/га. Похожим было действие этих вариантов и на 3-й пшенице после пара с прибавками 3,3 и 5,9 ц/га, т.е. эффект от 1-й порции  $N_{20}$  в этих полях составил 2,4 и 2,6 ц/га. Добавление 2-й порции  $N_{20}$  на этих двух посевах повышало урожай на 1,2-1,4 ц/га, стоимость чего была близкой к сумме затрат на  $N_{20}$ . Увеличение дозы до  $N_{60}$  дало отрицательный результат к предыдущему варианту. На посевах бессменной пшеницы предельные прибавки урожая при переходе от  $P_{20}$  к  $N_{20-40-60}P_{20}$  составили 4,7-1,7-1,7-0,4 ц/га.

В зернопропашном севообороте кукуруза и три пшеницы при трёх уровнях насыщения гектара севооборота  $N_{20-40-60}$  дозы азота под кукурузу повышались до  $N_{40-80-100}$ , что оказывало последствие на 1-м и 2-м посевах после кукурузы, получающих фактически при 1-м и 2-м уровнях насыщения севооборота азотом по  $N_{0-20-40}$ . Внесение одного фосфорного удобрения  $P_{20}$  на трёх посевах пшеницы после кукурузы обеспечивало приросты урожая 2,5-3,3-3,2 ц/га. От  $N_{20}P_{20}$  прибавка повышалась ещё на 2 ц/га. Уровень насыщения до  $N_{40}$  оправдан лишь на 1-й пшенице по кукурузе. Третий уровень  $N_{60}$  не давал существенного эффекта.

При испытании доз фосфора в зернопропашном севообороте кукуруза-пшеница-пшеница-ячмень выявлено высокое положительное взаимодействие азота с дозами фосфорного удобрения. Из доз фосфора на зерновых культурах эффективными можно считать все три –  $P_{15-30-45}$  на фоне  $N_{30}$  с окупаемостью 15-16 кг/кг.

**Ключевые слова:** севооборот зернопаровой, зернопропашной, дозы азота и фосфора, обыкновенный солонцеватый чернозём.

Для цитирования: *Волынкина О.В.* Предельные прибавки урожая сельскохозяйственных культур от доз удобрений и их окупаемость в опытах Курганского НИИСХ на обыкновенном солонцеватом чернозёме // Плодородие. – 2022. – №2. – С.33-39. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.09.

Урожайность культур зависит в основном от двух факторов: погоды (на 31,5%) и технологии (на 48,1%) [1]. Это утверждение А.Н. Власенко с соавторами подтверждается результатами одного из их опытов. Интенсивная технология предусматривала плоскорезную обработку почвы на 10-12 см, удобрение –  $N_{90}P_{20}$ , гербицид двух видов и фунгицид с инсектицидом, что увеличило сбор зерна пшеницы Омская 36 до 4,2 т/га.

Почва на Макушинском опытном поле – чернозём обыкновенный солонцеватый. Он характеризуется высокой нитрификационной способностью в силу нейтральной реакции почвенного раствора. Накопление нитратного азота в пару здесь существенно выше, чем на выщелоченных чернозёмах Центрального и особенно Шадринского опытных полей (см. табл. 1). При хорошем азотном режиме почвы и растений содержание подвижного фосфора очень низкое (28 мг/кг по Чирикову) [2]. В южной части России в Ставрополье обыкновенные чернозёмы также отличаются высоким накоплением нитратов. По данным Е.П. Шустиковой и Н.Н. Шаповаловой [8, 9] в 6-польном зернопаропропашном севообороте на обыкновенном чернозёме с содержанием подвижного  $P_2O_5$  по Мачигину 10-15 мг/кг (очень низкое) фосфорное удобрение положительно действовало на рост и развитие растений.

Опыт заложен в 1976 г., с 2007 г. стали определять последствие удобрений. После трёхлетнего прекращения применения минеральных удобрений определили последствие азота на посевах озимой пшеницы на фоне РК и без фона. При её урожайности на контроле 60,2 ц/га от последствие доз  $N_{30-60-90}$  получены прибавки, соответственно, 3,5; 8,6 и 11,0 ц/га. Более высокие дозы  $N_{120-150-180}$  далее не увеличивали прирост урожая, оставляя его на уровне 10-11 ц/га. Суммарная прибавка по севообороту составила 13-20–26-32 ц/га от одного азота и 25-40,7 ц/га на фоне РК. Этот результат и подобные исследования действия удобрений на озимой пшенице на почве с низким содержанием подвижного  $P_2O_5$  [6] свидетельствуют о тесной взаимосвязи азота и фосфора.

На почвах, богатых подвижным фосфором, другому подбирают состав удобрения: оказывается достаточно внесения одного азотного удобрения. Так, в опыте в Красноярском крае [7] на комплексе чернозё-

мов обыкновенных и выщелоченных при очень высоком содержании подвижного  $P_2O_5$  (209 мг/кг) в 6-польном севообороте с паром и горохо-овсом самой эффективной была доза  $N_{80}$ . Добавление фосфорного удобрения мало меняло прибавку.

Точное земледелие предусматривает подбор оптимальных приёмов применения состава и доз удобрений на основе экономических правил. Одно из них заключается в соблюдении принципа выгодного превышения получаемого дополнительного дохода над дополнительным расходом [3]. На основе этого правила, кроме общих прибавок от возрастающих доз удобрений, должны рассматриваться предельные (последовательные) приросты урожайности культур от каждого изменения дозы.

**Цель исследований** – определить окупаемость удобрений предельными прибавками урожайности культур зернопарового, зернопропашного севооборотов и бессменной пшеницы в экспериментах на Макушинском опытном поле Курганского НИИСХ.

**Методика.** Исследования выполнены в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, в лабораториях агрохимии и земледелия в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме №0532-2021-0002 «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия».

В восточной зоне Курганской области с 1930 по 2014 г. действовало Макушинское опытное поле Курганского НИИСХ. Климатические показатели восточной зоны Курганской области: годовое количество осадков 310-353 мм, за вегетацию 185-211 мм, продолжительность периода с температурой выше 10 °C 129-130 сут, запасы продуктивной влаги в этот период 120-160 мм и более, так как тяжелосуглинистый чернозём в этой зоне обладает высокой влагоудерживающей способностью.

Стационарные эксперименты по изучению действия удобрений в разных севооборотах на Макушинском опытном поле заложены В.И. Овсянниковым и В.И. Волюнкиным осенью 1969-1970 г. Два периода экспериментов различались технологией возделывания культур севооборота. Изменения коснулись обработки почвы: поначалу это была вспашка, а с осени 1999 г. – мелкая обработка почвы. Кроме того, с 1993-1994 г. перестали вносить фосфорное удобрение и учитывали его последствие. При обсуждении результатов опыт В.И. Овсянникова с дозами азота в зернопаровом севообороте в таблицах и тексте будет иметь №1, с дозами азота в зернопропашном севообороте – №2. Опыт В.И. Волюнкина с дозами фосфора – №3. В таблице 1 приведены агрохимические характеристики почвы трёх опытных полей Курганского НИИСХ.

**1. Агрохимическая характеристика почвы опытных полей (0-20 см)**

Показатель	Опытное поле		
	Центральное	Шадринское	Макушинское
Подтип чернозёма	Выщелоченный	Выщелоченный	Обыкновенный солонцеватый
Гранулометрический состав	Среднесуглинистый	Тяжелосуглинистый	Тяжелосуглинистый
pH <sub>KCl</sub> 1970 / 2008 г.	6,3 / 5,5	6,5 / 5,1	7,3 / 7,4*
Содержание гумуса, %	3,1-4,5	5,3-7,4	4,5-5,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Чирикову, мг/кг	37-50	74	28**
K <sub>2</sub> O по Чирикову, мг/кг	200-250	120-150	170-190
N-NO <sub>3</sub> по пару, кг/га, 0-100 см	117	85	194
N-NO <sub>3</sub> после непаровых предшественников, кг/га, 0-100 см	42-55	49-58	85-117
Урожайность 1-3-й пшеницы по пару без удобрения, ц/га	23,7; 17,3; 14,5	24,7; 17,0; 15,4	22,7; 18,2; 16,3
Урожайность неудобренной бессменной пшеницы, ц/га	12,9	14,1	12,6

\*pH<sub>NH2O</sub>. \*\*Есть данные и по Мачигину – 30 мг/кг.

В опытах 1 и 2 первоначально применялась доза фосфора P<sub>30</sub>. Рассчитывая внесённое количество фосфора на все годы опыта, найдена средневзвешенная доза в этих опытах – P<sub>20</sub>. Повторность вариантов трёхкратная, площадь делянок: общая 360 м<sup>2</sup> (7,2 х 50), учётная 100 м<sup>2</sup> (2 х 50). Удобрения – двойной гранулированный суперфосфат (позднее аммофос) и аммиачная селитра. Посев зерновых культур проводили дисковой сеялкой СЗ-3,6, кукурузы – сажалкой СУПК. Уборку урожая зерновых культур напрямую проводили комбайном Sampo-500 с отбором образца зерна для определения влажности и сорности бункерной массы. Кормовые культуры в фазе полной спелости скашивали вручную, массу взвешивали, после определения влажности растений делали пересчёт на сухое вещество.

**Результаты и их обсуждение. Опыт №1.** На обыкновенном солонцеватом чернозёме Макушинского опытного поля с низким содержанием подвижного фосфора отмечена высокая эффективность фосфорного удобрения на посевах сельскохозяйственных культур при умеренном действии азота. В зернопаровом сево-

обороте эффективность удобрений менялась в зависимости от удаления пшеницы от пара. Так, на 1-й пшенице по пару, в котором как показано в таблице 1, накапливается в метровом слое почвы до 194 кг/га нитратного азота, действовало только фосфорное удобрение. Добавление азота было неэффективным, а в следующих полях пшеница на азот отзывалась. На рисунке 1а показаны предельные прибавки от удобрений при переходе от варианта P<sub>20</sub> к N<sub>20-40-60</sub>P<sub>20</sub> на 1-м посеве по пару. При достаточно высокой средней прибавке от фосфора 6 ц/га зерна пшеницы после пара ряд лет прирост её урожая достигал 7-8-9-11-14-15 ц/га. За 40-летний период опыта было 13 таких лет.

В следующем поле зернопарового севооборота урожайность пшеницы повысилась от P<sub>20</sub> на 3 ц/га, а от N<sub>20</sub>P<sub>20</sub> на 5,4 ц/га, т.е. от азота получено 2,4 ц/га (рис. 1б).

Вторая порция N<sub>20</sub> в удобрении N<sub>40</sub>P<sub>20</sub> увеличивала прибавку только на 1,4 ц/га, а третья – снижала прирост по отношению к предыдущей дозе на 1 ц/га. На третьем посеве пшеницы по пару (рис. 1в) закономерность изменения предельных прибавок была похожей.

Если эффективность первой порции N<sub>20</sub> не вызывает сомнений, то далее значимость небольшого увеличения урожая от N<sub>20</sub> на 1,2-1,4 ц/га оценивается соотношением затрат на N<sub>20</sub> со стоимостью этих прибавок зерна. В ценах 2020 г. затраты на N<sub>20</sub> с сопутствующими расходами равны 1232 руб/га (к стоимости удобрений добавляются расходы на внесение и уборку дополнительного урожая). Прибавки зерна 1,2-1,4 ц/га по ценам на пшеницу оценивают в 1440-1680 руб/га, что мало перекрывает затраты. Следовательно, на 2- и 3-м посевах пшеницы после пара на обыкновенном солонцеватом чернозёме выгоднее ограничиться дозой удобрения N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>.

При общих прибавках урожая от N<sub>20</sub>P<sub>20</sub> 5,4-5,9 ц/га во 2- и 3-м полях после пара в благоприятные по погоде годы они были выше среднего уровня, что повторилось 17 раз на 2-м посеве после пара и 12 раз – на 3-м. Повышение прироста урожая совпадало с лучшими условиями увлажнения в период вегетации при ГТК за май-август от 0,80 до 1,79. Даже в засушливом 1981 г. при ГТК<sub>5-8</sub>=0,49 малое количество своевременно выпавших осадков активно использовалось растениями. Наблюдается изменение урожайности 2-й пшеницы после пара на фоне N<sub>20</sub>P<sub>20</sub> с 18,6 ц/га на контроле до 29,6 ц/га и 3-й с 18,0 до 27,2 ц/га. Это происходило не только от действия, а и от последствия удобрений при систематическом их применении в севообороте. При дальнейшем повышении дозы азота до N<sub>40-60</sub> роста урожайности в 1981 г. не было. По средним данным вывод однозначен: в этих двух полях дозы азота N<sub>40-60</sub> нецелесообразны.

Несколько иная закономерность действия удобрений на бессменной пшенице. Эффект от P<sub>20</sub> высокий – 4,7 ц/га, а предельные прибавки от добавления к P<sub>20</sub> 1-й и 2-й порций N<sub>20</sub> были равными – по 1,7 ц/га, 3-й уровень не вносил изменений (рис. 2).

Стоимость прибавки в 1,7 ц/га оценивается в 2040 руб/га, а расходы на применение N<sub>20</sub> в этом варианте 1295 руб/га, т.е. прибавка зерна в 1,7 ц/га обеспечивала прибыль. Окупаемость азота 8,5 кг/кг. Следовательно, для бессменной пшеницы приемлемы дозы N<sub>20-40</sub>P<sub>20</sub>.

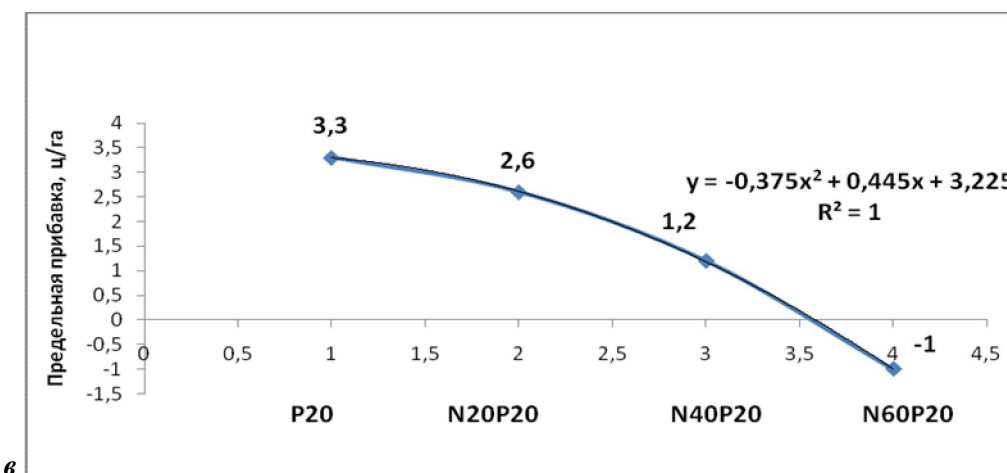
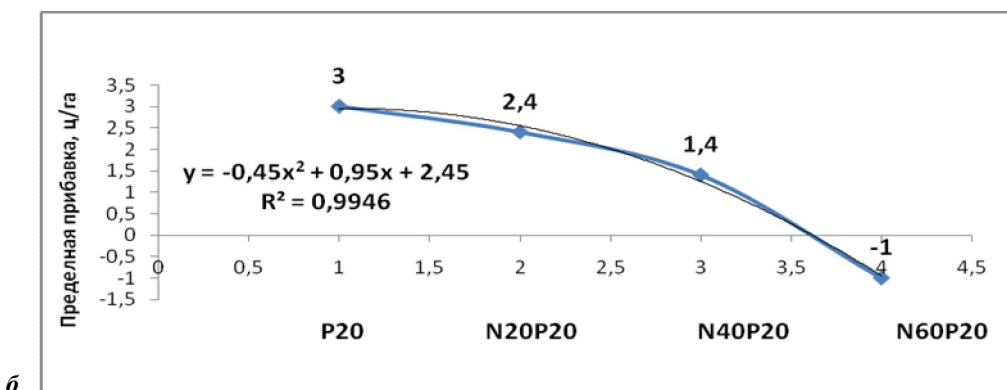
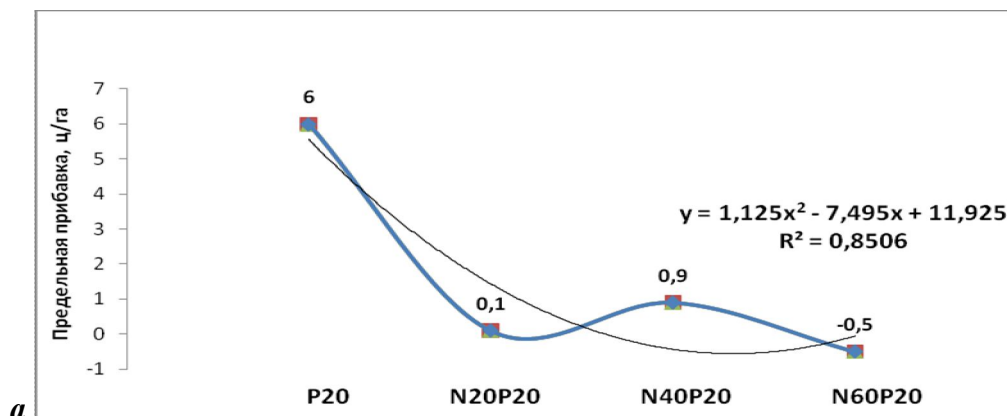


Рис. 1. Предельные прибавки от удобрений на 1 – 3-й пшенице по пару:  
 а – на 1-й пшенице (урожай на контроле 21,9 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,7-2,3); б – на 2-й пшенице (урожай на контроле 18,0 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,6-2,1);  
 в – на 3-й пшенице (урожай на контроле 16,1 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,9-2,3)

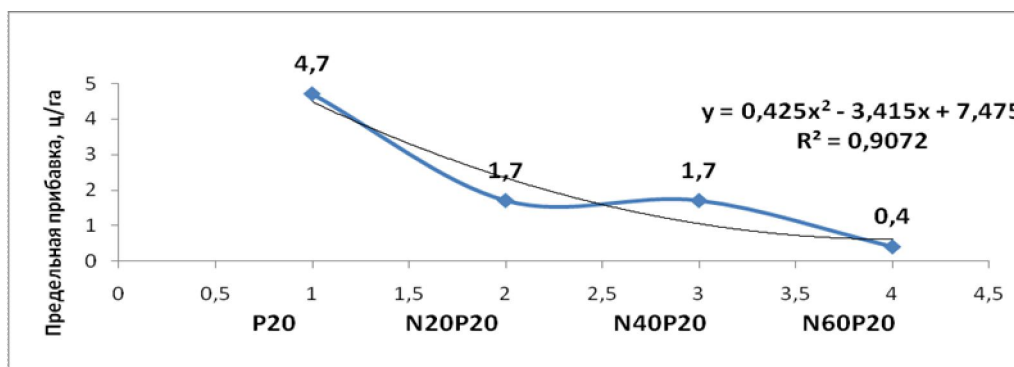


Рис. 2. Предельные прибавки от удобрений на бессенной пшенице (урожай на контроле 12,3 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,5-1,7)  
 Макушинское опытное поле, 1970-2009 г.

**Опыт 2.** В зернопропашном севообороте кукуруза и три пшеницы при трёх уровнях насыщения гектара севооборота N<sub>20-40-60</sub> дозы азота под кукурузу повышались

до N<sub>40-80-100</sub>, что оказывало последствие на 1- и 2-м посевах после кукурузы, получающих фактически при 1- и 2-м уровнях насыщения севооборота азотом по N<sub>0-20-40</sub>. На

посеве кукурузы средний сбор зелёной массы составил 152 ц/га на контроле, 175 на фоне P<sub>20</sub> и 189-207 ц/га при добавлении к фосфору N<sub>40-80</sub>. От внесения P<sub>20</sub> на трёх посевах пшеницы после кукурузы приросты урожая равнялись, соответственно, 2,5; 3,3; 3,2 ц/га. Добавление N<sub>20</sub> на 1-й пшенице по кукурузе повышало прибавку урожая на 2,1 ц/га. Уровень насыщения до N<sub>40</sub> здесь оправдан, так как вторая порция N<sub>20</sub> дала близкую прибавку 1,9 ц/га с

общим приростом 6,5 ц/га (рис. 3 а). При оценке прибавка 1,9 ц/га от 2-й порции N<sub>20</sub> стоила 2280 руб/га при затратах на N<sub>20</sub> – 1474 с получением прибыли 806 руб/га и рентабельности 55%. Третий уровень насыщения севооборота азотом до N<sub>60</sub> неэффективен.

На 2-й пшенице после кукурузы существенное увеличение прибавки отмечено только от первой дозы азота N<sub>20</sub>, как и в завершающем поле севооборота (рис. 3 б, в).

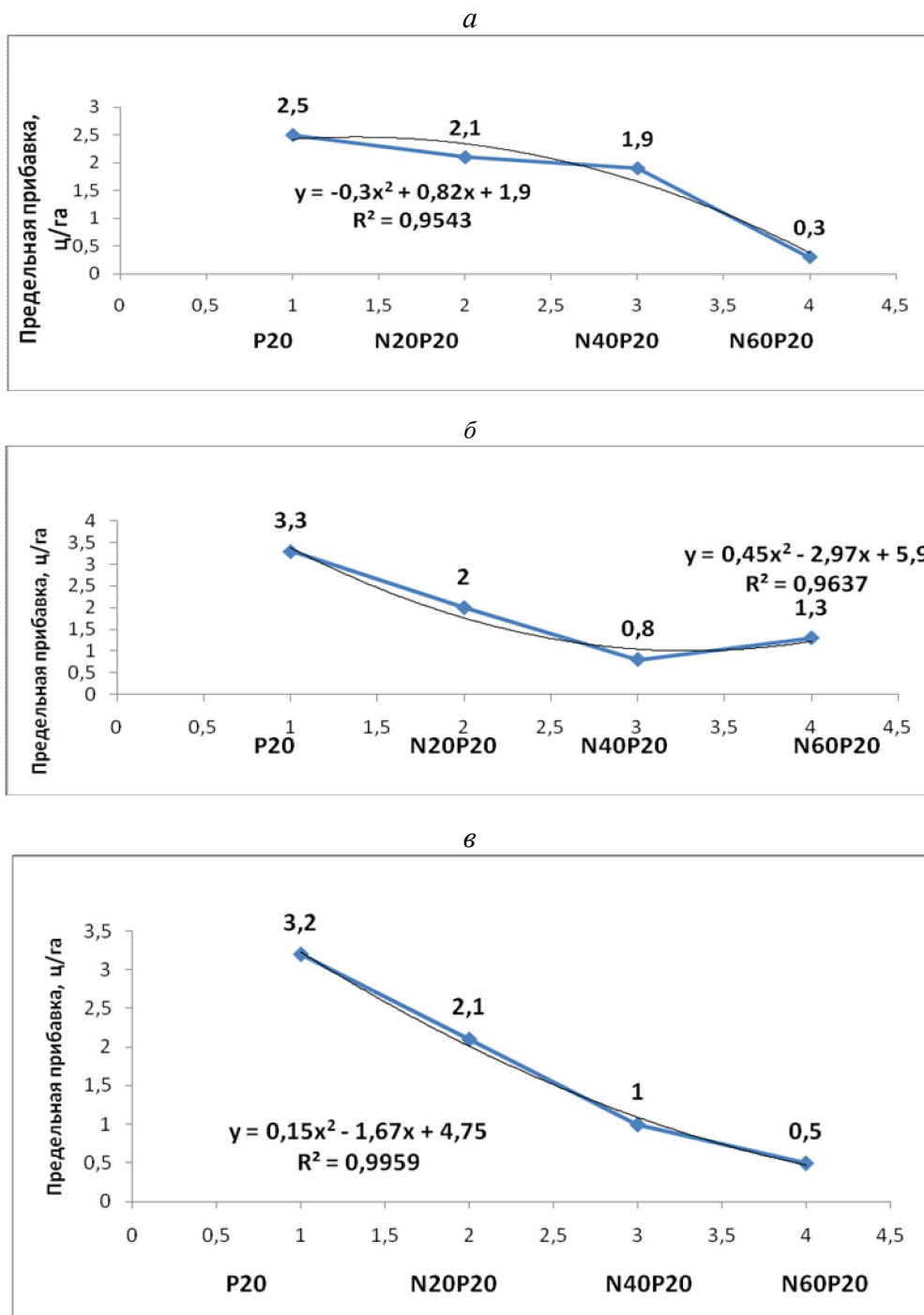


Рис. 3. Предельные прибавки от удобрений в вариантах P<sub>20</sub> и N<sub>20-40-60</sub>P<sub>20</sub>: а – на 1-й пшенице (урожай на контроле 18,6 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,8-2,0); б – на 2-й пшенице (урожай на контроле 14,5 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,3-1,9); в – на 3-й пшенице (урожай на контроле 14,8 ц/га, НСР<sub>05</sub> 1,6-1,9)

В рассматриваемых опытах, как упоминалось, с осени 1999 г. вспашка заменена мелкой обработкой почв. Следует подчеркнуть роль способа обработки на этом опытном поле. В специальном опыте за 2007-2013 г. сравнение вспашки с минимальной обработкой почвы в

зернопаровом севообороте дало такие результаты: в среднем по севообороту урожайность пшеницы без удобрения была 15,8 ц/га при вспашке и 14,5 ц/га при минимальной обработке, на фоне P<sub>20</sub> – 18,0 и 17,6 и N<sub>40</sub>P<sub>20</sub> – 18,9 и 18,2 ц/га [4]. Эти данные свидетельству-

ют о меньшей роли вида обработки почвы в условиях Макушинского опытного поля в отличие от других зон Курганской области. Сделано и менее строгое сравнение вспашки и мелкой обработки почвы по периодам их использования в опытах 1 и 2. В зернопаровом севообороте средняя урожайность в эти периоды была одинаковой. Даже на 3-м посеве пшеницы в период мелкой обработки урожая чуть выше. В зернопропашном севообороте при мелкой обработке почвы замечено снижение урожайности 1-й пшеницы по кукурузе на контроле и на фоне удобрения в среднем на 2-4 ц/га, 2- и 3-й – на 1-2 ц/га.

**Опыт №3.** Поскольку на обыкновенном солонцеватом чернозёме проявляется высокое действие фосфора, важно сравнение эффективности разных его доз. На Макушинском опытном поле проводился опыт с дозами фосфора в севообороте кукуруза-пшеница-пшеница-ячмень. С 8-й ротации кукурузу заменили однолетними травами (горох + ячмень). На посеве кукурузы средний сбор зелёной массы составил 162 ц/га на контроле, 195 на фоне N<sub>70</sub> и 266-260-250 ц/га при добавлении к азоту P<sub>15-30-45</sub> [5].

Азотный режим обыкновенного солонцеватого чернозёма характеризовался интенсивным накоплением нитратов не только в паровом поле, а и после непаровых предшественников (см. табл. 1). Поэтому в 1-4-й ротациях зерновые культуры в этом опыте не отзывались на одно азотное удобрение. Так, в среднем за четыре первых ротации получен урожай зерновых 18,8 ц/га на контроле и 18,9 ц/га на фоне N<sub>30</sub>. С 5-й ротации постепенно одностороннее азотное удобрение стало действовать с повышением урожайности зерновых культур на 3-4 ц/га при получении на контроле в эти ротации 13-14 ц/га зерна.

Изменялась по ротациям и эффективность фосфора. В четырёх первых ротациях средние прибавки от доз P<sub>15-30-45</sub> без азота составили 4,5; 5,8 и 6,3 ц/га, а в следующих ротациях они снизились до 1-3 ц/га. Совместное внесение доз фосфора с азотом N<sub>30</sub> в среднем за 9 ротаций дало более значительный прирост урожайности зерновых культур – 7,4; 9,7 и 11,7 ц/га. Как видно, в опыте ярко проявилось взаимодействие азота с дозами фосфора. Оно отмечено как за 24 года действия удобрений, так и при дальнейшем его последствии (табл. 2).

## 2. Действие и последствие доз суперфосфата без азота и на его фоне на зерновых культурах (среднее по двум закладкам)

Вариант	Ротации с действием удобрений		Ротации с последей- ствием фосфора	Сред- нее, за 1970- 2006 г.	Общая / пре- дельная прибав- ки от фосфора к фону N <sub>30</sub>	Общая / пре- дельная прибав- ки от азота к 3 фонам фосфора
	1-4	5-6	7-9			
Урожайность, ц/га						
Кон- троль	18,8	13,5	14,3	16,1	-	-
Прибавка, ц/га						
N <sub>30</sub>	0,1	3,4	4,3	2,2	-	-
P <sub>15</sub>	4,5	3,1	1,8	3,3	-	-
P <sub>30</sub>	5,8	3,2	1,7	3,9	-	-
P <sub>45</sub>	6,3	3,8	3,3	4,7	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>15</sub>	6,6	8,3	7,7	7,4	5,2	4,1
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	8,4	9,8	11,1	9,7	6,4 / 1,2	5,8 / 1,7
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub>	9,7	11,6	14,2	11,7	7,8 / 1,4	7,0 / 1,2
НСР <sub>05</sub> , ц/га	2,2-3,4					

После 6-й ротации с 1994 г. фосфорное удобрение перестали вносить, но оно оказывало последствие. Например в 9-й ротации (2003-2006 г.) очевиден эффект накопления остаточных количеств фосфорного удобрения за счёт 24-летнего его применения. Наиболее высокое последствие было при совместном внесении фосфора с азотом (табл. 3).

## 3. Последствие доз фосфора без азота и на его фоне (в среднем за 2003-2006 г.)

Вариант	Однолетние травы (з. м.)*	1-я пшеница после трав	2-я пшеница	Ячмень	Среднее по зерновым культурам
<i>Урожайность, ц/га</i>					
Контроль	73	9,5	14,3	21,0	14,9
<i>Прибавка от фосфора, ц/га</i>					
P <sub>15</sub>	2	1,9	2,2	-1,3	1,0
P <sub>30</sub>	3	2,9	1,1	1,3	1,8
P <sub>45</sub>	8	3,6	3,5	2,8	3,3
<i>Урожайность на фоне N<sub>70</sub> под травы и N<sub>30</sub> под зерновые, ц/га</i>					
N <sub>30-70</sub>	133	11,3	14,8	23,9	16,6
<i>Прибавка от фосфора к азотному фону, ц/га</i>					
N <sub>30</sub> P <sub>15</sub>	14	3,6	4,2	1,0	3,0
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	10	5,8	8,6	7,6	7,4
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub>	18	11,7	11,2	11,4	11,5
НСР <sub>05</sub> , ц/га	11	1,9	2,3	1,7	

\*Кукуруза была заменена однолетними травами с 8-й ротации.

Сравнение эффективности доз фосфора по предельным прибавкам урожайности зерновых культур от каждой из порций P<sub>15</sub> представляет наибольший интерес на фоне азота. Они составляли к фону N<sub>30</sub> – 5,2-1,2-1,4 при общих приростах 5,2-6,4 и 7,8 (см. табл. 2). По этим данным сделана следующая экономическая оценка. Стоимость покупки удобрения на шаг увеличения дозы P<sub>15</sub> в виде аммофоса, который стал в последние годы основным фосфорным удобрением, равна 870 руб/га. С расходами на самое дешёвое внесение при посеве и уборку дополнительного урожая затраты на три порции P<sub>15</sub> составили, соответственно, 1690-1190-1215 руб/га. Стоимость продажи зерна предельных прибавок 5,2; 1,2 и 1,4 ц/га равна 6240-1440-1680 руб/га, прибыль – 4550-250-465 руб/га, рентабельность 269-21-38%. Самой высокой рентабельностью отличалась первая порция P<sub>15</sub>. При дальнейшем повышении дозы фосфора проявлялось положительное взаимодействие азотного и фосфорного удобрений, поэтому рост урожайности следует относить к обоим элементам питания.

Высокое действие азотно-фосфорного удобрения в зернопропашном севообороте позволяет считать эффективными для обыкновенного солонцеватого чернозёма с низким содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> все три дозы фосфора P<sub>15-30-45</sub> в сочетании со средней по севообороту дозой азота N<sub>40</sub> (N<sub>70</sub> в кормовом поле и в трёх полях зерновых культур по N<sub>30</sub>). Выбор дозы фосфора зависит от финансового состояния хозяйства, содержания подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и уровня формируемых урожаев. Окупаемость удобрения N<sub>30</sub>P<sub>15-30-45</sub> на зерновых культурах общими прибавками урожая 7,4-9,7-11,7 ц/га была высокой – 16,4-16,2-15,6 кг/кг. Важно, что не отмечено снижения окупаемости удобрения. При учёте только 24-летнего применения фосфора и нахождении средневзвешенных его доз, для 37 лет этого опыта (P<sub>10-19-29</sub>) эффект будет выше.

**Заключение.** Обыкновенный солонцеватый чернозём на Макушинском опытном поле характеризуется высоким накоплением нитратного азота в метровом слое почвы – до 194 кг/га в пару и 85-117 кг/га после непаровых предшественников. Но содержание подвижного фосфора в почве очень низкое, что обусловило высокое действие на этом подтипе чернозёма фосфорного удобрения и умеренное – азотного. В зернопаровом севообороте пар и три поля пшеницы фосфорное удобрение  $P_{20}$  дало существенный прирост урожая во всех полях пшеницы после пара. Прибавка на 1-м посеве – 6 ц/га, а на последующих 3,0-3,3 ц/га. Добавление азотного удобрения к  $P_{20}$  в дозе  $N_{20}$  сопровождалось положительным влиянием на урожай на 2- и 3-м посевах после пара с прибавками от азота 2,4-2,6 ц/га. Дальнейшее увеличение дозы азота до  $N_{40-60}$  в 4-польном зернопаровом севообороте было неэффективным. На бессменной пшенице эффект от  $P_{20}$  высокий – 4,7 ц/га, а предельные прибавки от добавления к  $P_{20}$  1- и 2-й порций  $N_{20}$  были равными – по 1,7 ц/га, 3-й уровень не вносил изменений

В зернопропашном севообороте кукуруза (однолетние травы) и три поля пшеницы фосфор в дозе  $P_{20}$  также оказывал положительное влияние на всех посевах пшеницы с увеличением её урожайности на 2,5; 3,3 и 3,2 ц/га. Азотно-фосфорное удобрение дополнительно повышало прибавку зерна. Эффективным под пшеницу после кормового поля было внесение  $N_{20-40}P_{20}$  на 1-м посеве и  $N_{20}P_{20}$  на 2- и 3-м.

В опыте по испытанию доз фосфора в зернопропашном севообороте кукуруза (однолетние травы)-пшеница-пшеница-ячмень сравнивались применение отдельно азота и фосфора и их совместное внесение. Одно фосфорное удобрение давало прибавки от 3 до 6 ц/га. Наиболее эффективным было совместное применение азота и фосфора  $N_{30}P_{15-30-45}$ , на фоне которого прибавки урожайности зерновых культур повысились

до 7,4-9,7-11,7 ц/га, что доказывает эффект тесного взаимодействия азота с дозой фосфора на почве с низким содержанием подвижного  $P_2O_5$ .

С прекращением применения фосфора в зернопропашном севообороте после 6-й ротации дозы  $P_{15-30-45}$  оказывали длительное последствие, которое ярче проявлялось при совместном внесении с азотом. Прибавки от последствия фосфора в 7-9-й ротациях благодаря благоприятным погодным условиям были даже выше, чем в годы действия.

#### Литература

1. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И., Кулагин О.В. Эффективность интенсификации возделывания яровой пшеницы разных сортов в лесостепи Приобья // Земледелие. – 2015. – №5. – С. 31-33.
2. Волынкин В.И., Копылов А.Н., Волынкина О.В., Кириллова Е.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства обыкновенного солонцеватого чернозёма в условиях Зауралья // Агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 10-19.
3. Дженсен Х.Р., Уильямс М.С. Экономика применения удобрений / Удобрения / Под ред. Петербургского. – М.: Колос, 1965. – С. 41-68.
4. На пути к бесплужному земледелию / Под ред. С.Д. Гилева. – Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2015. – 312 с.
5. Научное наследие Т.С. Мальцева в развитии современных ресурсосберегающих технологий. Рекомендации. /Под ред. А.А. Лушников. – Курган: Зауралье, 2005. – 306 с.
6. Никитишин В.И., Личко В.И. Взаимодействие азота и фосфора почвы и удобрений в питании озимой пшеницы в различных почвенно-экологических условиях // Агрохимия. – 2013. – №2. – С. 22-29.
7. Трубинов Ю.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства и производительную способность чернозёмов Красноярского края // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями // Материалы Всероссийского совещания науч. учрежд. – участников Географической сети опытов с удобрениями 6 октября 2016 г. / Под ред. В.Г. Сычёва. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 279-283.
8. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Азотный режим чернозёма обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур в последствии различных доз азотных удобрений // Агрохимия. – 2014. – №2. – С. 20-25.
9. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Действие и последствие длительного внесения минеральных удобрений на продуктивность севооборота и баланс макроэлементов в чернозёме обыкновенном // Агрохимия. – 2015. – №8. – С. 49-56.

#### LIMIT INCREASES OF YIELD OF AGRICULTURAL CULTURES FROM FERTILIZER DOSES AND THEIR PAYBACK IN EXPERIMENTS OF KURGAN RESEARCH INSTITUTE (PART 3)

*O. V. Volynkina, leading researcher, rank-senior researcher, kand.S.H. Sciences*

*FSBNU "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" Yekaterinburg (Russia)  
641325 Sadovaya village, Ketovsky r-n, Kurgan region, str. Lenin 9, Russia, E-mail: volynkina.o@bk.ru*

*The article shows the results of one of the three zonal long-term stationary experiments conducted at the Makushinsky experimental field of the Kurgan research Institute. In grain-fallow crop rotation fallow -3 in grain-wheat and corn-three of wheat different nitrogen saturation of a hectare of arable land was tested –  $N_{20-40-60}$  in the background of weighted average of phosphorus  $P_{20}$ . The effectiveness of doses of nitrogen evaluated at the marginal increases obtained from each step change of the composition of the fertilizer and increasing doses of nitrogen. In the grain-fallow crop rotation, the effect of one phosphorus fertilizer at a dose of  $P_{20}$  on the yield of 1st wheat was expressed by a high increase-6 C/ha, which is explained by a very low content of mobile phosphorus in the soil. Adding nitrogen to phosphorus in this field had no effect. On the 2nd wheat after fallow, the introduction of  $P_{20}$  increased the yield by 3 C/ha, and the  $N_{20}P_{20}$  variant gave an additional 2,4 C/ha with a total increase of 5,4. The effect of these options was similar on the 3rd wheat after fallow with increases in C/ha of 3,3 and 5,9, that is, the effect of the 1st portion of  $N_{20}$  in these fields was 2,4 and 2,6 C/ha. Adding a second portion of  $N_{20}$  on these two crops increased the yield by 1,2-1,4 C/ha, the cost of which was close to the total cost of  $N_{20}$ . The next step of increasing the dose to  $N_{60}$  gave a negative result to the previous option. When sowing permanent wheat, the maximum yield increases during the transition from  $P_{20}$  to  $N_{20-40-60}P_{20}$  were 4,7-1,7-1,7-0,4 C/ha.*

*In the grain crop rotation, maize and three wheat at three levels of saturation of a hectare of crop rotation  $N_{20-40-60}$ , nitrogen doses for maize increased to  $N_{40-80-100}$ , which had an aftereffect on the 1st and 2nd crops after maize, which actually received nitrogen at the 1st and 2nd levels of saturation of the crop rotation by  $N_{0-20-40}$ . The application of one  $P_{20}$  phosphorous fertilizer on three wheat crops after maize provided yield gains 2,5-3,3-3,2 C/ha. From  $n_{20}r_{20}$ , the increase increased by another 2 C/ha. The saturation level up to  $N_{40}$  is justified only on the 1st wheat for maize. The third saturation level up to  $N_{60}$  did not provide a significant increase of effect.*

*Testing of phosphorus doses in the maize -wheat-wheat-barley crop rotation revealed a high positive interaction of nitrogen and phosphorus fertilizers. Of the doses of phosphorus, all three –  $P_{15-30-45}$  can be considered effective against the background of  $N_{30}$  on cereals with a payback rate of 15-16 kg/kg.*

*Key words: crop rotation of grain-fallow, grain-tillage, nitrogen and phosphorus doses on ordinary saline Chernozem.*