

## ВЛИЯНИЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ И АММОФОСА НА ВЫХОД ЗЕРНА ГОРОХА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Д. В. Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю. В. Кафтан, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр биологических систем  
и агротехнологий РАН Оренбург, Россия

E-mail: dvm.80@mail.ru

**Ключевые слова:** сорняки, аммофос, фон питания, севооборот, горох, выход зерна, множественная регрессия

**Реферат.** *Повышение урожайности зерна гороха в сельскохозяйственном производстве является важной задачей для современного земледелия Оренбуржья. Для ее решения проведены длительные исследования по влиянию сорных растений и аммофоса на выход зерна гороха. В статье приведены результаты исследований за 2002–2019 гг. по засорённости посевов, содержанию макроэлементов и продуктивности зерна гороха в шестипольных и двупольных севооборотах. Среди основных факторов, влияющих на выход зерна гороха, рассмотрены такие, как общее количество сорных растений и содержание накопленных питательных веществ в слое почвы 0–30 см. В среднем за период исследований наибольшая засорённость посевов наблюдается на делянках гороха после мягкой и твёрдой пшеницы. Общее количество сорных растений на двух фонах питания составило в фазе всходов гороха от 102,0 до 137,0, а в период созревания соответственно от 44,0 до 56,0 шт/м<sup>2</sup>. Максимальный выход зерна гороха отмечается в посевах после мягкой пшеницы с аммофосом – 1,03 т/га, без применения удобрения – 0,98 т/га. Наименьшая урожайность гороха получена после твёрдой пшеницы в двупольном севообороте: по удобренному фону питания – 0,76, неудобренному – 0,70 т/га. В результате статистической обработки данных в третьем варианте эксперимента (посев гороха после мягкой пшеницы в последствии занятого пара) установлено, что повышение продуктивности зерна гороха незначительно зависело от засорённости посевов и доля ее влияния находилась в пределах от 13,98 до 18,37%. Однако снижение урожайности гороха в пятом варианте опыта (посев гороха в чередовании с твердой пшеницей) в значительной степени определялось сорными растениями и уровень их влияния составил от 40,21 до 54,41%. Содержание накопленного нитратного азота и подвижного фосфора от аммофоса перед всеми посевами гороха в севооборотах колебалось от 1,4 до 2,9 мг/100 г почвы. Прибавка зерна гороха от минерального удобрения за 18 лет соответственно по всем предшественникам составила 0,07; 0,05; 0,08 и 0,06 т/га, кроме второго варианта опыта, где горох высевали после мягкой пшеницы в последствии черного пара. Результаты математической обработки данных прибавки урожайности зерна гороха показывают влияние аммофоса на прибавку зерна по вариантам в диапазоне от 55,41 до 81,88 %.*

---

**THE INFLUENCE OF WEEDS AND AMMOPHOS ON THE YIELD OF PEA GRAIN  
IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS**

---

**D.V. Mitrofanov**, Candidate of Agricultural Sc.**Yu.V. Kaftan**, Candidate of Agricultural Sc.**Federal Research Center for Biological Systems and Agro technologies RAS, Orenburg, Russia**

*Key words:* weeds, ammophos, nutrition background, crop rotation, peas, grain yield, multiple regression.

*Abstract.* Increasing the yield of pea grain in agricultural production is an important task for modern agriculture in the Orenburg region. To expand it, long-term studies on the influence of weeds and ammophos on the yield of pea grain were carried out. The article presents the research results for 2002-2019 by weediness of crops, the content of macronutrients and the productivity of pea grain in six-field and two-field crop rotations. Among the main factors affecting the yield of pea grain such as the total number of weeds and the content of accumulated nutrients in the 0-30 cm, soil layer were considered. The total number of weeds on two nutritional backgrounds in the pea germination phase was from 102.0 to 137.0. During the ripening period, respectively, it was from 44.0 to 56.0 pcs / m<sup>2</sup>. The maximum yield of pea grain is observed in crops after soft wheat with ammophos - 1.03 t / ha, without the use of fertilizer - 0.98 t / ha. The lowest yield of peas was obtained after durum wheat in a two-field crop rotation: according to the fertilized nutrition background - 0.76, unfertilized - 0.70 t / ha. As a result of statistical data processing in the third variant of the experiment (sowing peas after soft wheat in the aftereffect of a busy fallow), it was found that the increase in the productivity of pea grain slightly depended on the weediness of crops and the share of its influence ranged from 13.98 to 18.37%. However, the decrease in the yield of peas in the fifth variant of the experiment (sowing peas in alternation with durum wheat) was largely determined by weeds and the level of their influence was from 40.21 to 54.41%. The content of accumulated nitrate nitrogen and mobile phosphorus from ammophos before all sowing of peas in crop rotations ranged from 1.4 to 2.9 mg / 100 g of soil. The increase in pea grain from mineral fertilizers for 18 years, respectively, for all predecessors was 0.07; 0.05; 0.08 and 0.06 t / ha, except for the second variant of the experiment, where peas were sown after soft wheat in the aftereffect of black steam. The results of mathematical processing of the data on the increase in grain of peas show the effect of ammophos on the increase in grain by options in the range from 55.41 to 81.88%.

Сорные растения и борьба с ними – постоянно актуальная проблема земледелия. Сорняки являются конкурентами культурных растений не только в борьбе за влагу, но и за пищу [1]. При высокой численности сорняков в посевах полевых культур снижается урожайность. Как правило, сорные растения отличаются высокой приспособляемостью и устойчивостью в агроценозе и по большинству биологических свойств превосходят культурные виды [2].

В силу биологических особенностей посевы гороха слабо противостоят сорнякам, особенно в ранний период – появления

всходов. Поэтому определение содержания сорных растений в посевах гороха, особенно в начале вегетации, является одной из основных задач в технологии его возделывания [3].

Следует отметить, что уровень засорённости посевов гороха определяется потенциальным запасом и распределением по профилю почвы органов вегетативного размножения и семян сорняков, а также погодными условиями вегетационного периода, обуславливающими их массовое прорастание [4].

Удобрения являются мощным фактором регулирования процессов, происходя-

щих в агроценозе. Поэтому их влияние на фитосанитарное состояние многообразно: улучшая рост и развитие культурных растений, удобрения оказывают действие и на сорняки [5].

Результаты исследований В.М. Гармашова, И.М. Корнилова и др. показали, что в засушливые годы с малым количеством осадков внесение минеральных удобрений под посевы гороха незначительно влияет на урожайность культуры [6]. Исследования по влиянию погодных условий, запасов почвенной влаги и макроэлементов питания на продуктивность зерна гороха в севооборотах проводились в степной зоне Южного Урала [7, 8]. Научно-исследовательскими работами по изучению продуктивности гороха в различных условиях занимались и многие зарубежные исследователи [9–15].

В последнее время в Оренбуржье произошли существенные изменения в структуре землепользования: резко сократилось применение минеральных удобрений, нарушилось правильное чередование сельскохозяйственных культур в севооборотах, сократился набор предшественников. В результате этого ухудшилось фитосанитарное состояние посевов всех культурных растений. Основной причиной высокой засорённости посевов следует считать нарушение севооборотов и несоблюдение правильной агротехники при возделывании полевых культур. Самым эффективным способом борьбы с сорняками является севооборот, роль которого возрастает в современных условиях.

Повышение продуктивности зерна гороха в севооборотах является важной проблемой для сельскохозяйственного производства Оренбургской области. Для её решения наибольший интерес представляют исследования засорённости посевов гороха, роли минеральных удобрений и севооборотов. В этой связи на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья впервые была проведена научно-исследовательская работа по изучению и установлению влияния сор-

няков и аммофоса на выход зерна гороха в севооборотах.

Целью исследования явилось определение влияния сорной растительности и минерального удобрения (аммофос) на урожайность зерна гороха в шестипольных и двупольном севооборотах. В задачу работы входило выявление видового состава, количества, массы сорняков, содержания питательных веществ в почве и урожайности зерна гороха.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являются посевы гороха в шестипольных и двупольных зернопаровых севооборотах по различным предшественникам и видам пара. В работе была применена методика полевого опыта по Б.А. Доспехову. Исследования проводили с 2002 по 2019 г. на длительном стационарном опытном участке бывшего ОПХ им. Куйбышева, возле п. Крона Оренбургского района центральной зоны области. Полевые опыты закладывали в четырёхкратной повторности на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья. Посевы гороха изучены в пяти зернопаровых севооборотах: 1) пар чёрный–озимая пшеница – твёрдая пшеница – горох – мягкая пшеница – ячмень; 2) пар чёрный – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – горох – мягкая пшеница – ячмень; 3) пар занятый (летний посев суданской травы) – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – горох, мягкая пшеница – ячмень; 4) пар сидеральный (посев овса и гороха) – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – горох – мягкая пшеница – ячмень; 5) твёрдая пшеница – горох.

Методом исследования является двухфакторный полевой опыт: А х В. В схеме фактор А обозначается как комплексное минеральное удобрение (аммофос), а В – пять предшественников в севооборотах. Исследования проводили по следующим вариантам посева гороха в севооборотах: 1 – посев гороха после твёрдой пшеницы в последствии чёрного пара (контроль); 2 – посев гороха после мяг-

кой пшеницы в последствии чёрного пара; 3 – посев гороха после мягкой пшеницы в последствии занятого пара; 4 – посев гороха после мягкой пшеницы в последствии сидерального пара; 5 – посев гороха в чередовании с твёрдой пшеницей.

Размер делянки гороха в севооборотах составил (3,6 × 90) м, площадь – 324 м<sup>2</sup>. Наблюдения вели на удобренном фоне питания на длине делянки 30 м, на неудобренном – 60 м при площади соответственно 108 и 216 м<sup>2</sup>. На первой части делянки в осенний период под основную обработку почвы (вспашка) с помощью специальной сеялки вносили комплексное минеральное удобрение (аммофос) при установленной норме по 40 кг действующего вещества азота и фосфора на 1 га. На второй части делянки гороха минеральное удобрение не применяли.

В первой и второй декаде мая высевали на опытном участке сеялкой СЗП-3,6 сорт гороха Усач неосыпающийся рекомендуемой нормой 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га. Посевы прикатывали катками ЗКШ-6. На изучаемых делянках зерновой учёт урожая проводили после уборки селекционными комбайнами «Сампо-500» и Terrior SR2010. Вручную взвешивали на площадочных весах мешки с двух фонов питания при учетной площади 60 и 120 м<sup>2</sup> и определяли бункерную массу зерна гороха. Урожайность рассчитывали, приводя её к 16–19 %-й влажности и 100 %-й чистоте зерна.

Учёт засорённости посевов гороха проводили в фазе полных всходов и в период полного созревания зерна. В четырёх точках делянки на первом и третьем повторениях посева накладывали специальные рамки (размер 0,25 м<sup>2</sup>) и вручную подсчитывали однолетние и многолетние сорняки. В полевых условиях

взвешивали их на специальных электронных весах. Таким образом, учёт сорняков вели количественным и количественно-весовым методом.

На каждом фоне питания почвенные пробы отбирали на первом и третьем повторениях опыта ручным буром в трёх точках на глубине почвы 0–30 см. Содержание нитратного азота и подвижного фосфора в почвенных образцах определяли с помощью ионометрического метода и метода Мачигина по ГОСТ 26951–86 и 26205–91. Анализы проводили в лабораториях Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Технологии возделывания гороха в севооборотах и применяемая агротехника соответствовали принятым в зоне исследования.

Полученные результаты по урожайности зерна гороха, содержанию сорных растений и питательных веществ статистически обрабатывали с помощью метода множественного регрессионного анализа в компьютерной программе STATISTICA 12.0 (Stat Soft Inc., г. Тусла, штат Оклахома, США).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В течение 18 лет исследований в полевых опытах изучали влияние сорных растений и аммофоса на выход зерна гороха в шестипольных и двупольных севооборотах в системе интенсивного земледелия.

Горох (*Pisum sativum*) выращивали на опытном участке в севооборотах с длинной и короткой ротацией. На рис. 1 представлены посевы гороха после мягкой пшеницы в последствии пара, занятого суданской травой, и в чередовании с твёрдой в севооборотах.



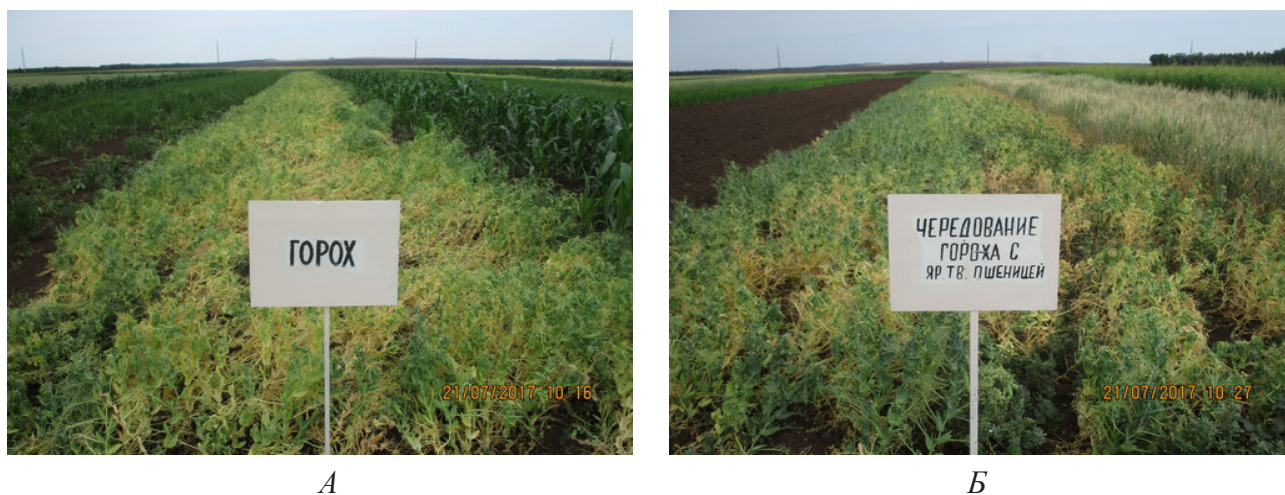


Рис. 1. Посевы гороха после пшеницы в шестипольных (А) и двупольных (Б) севооборотах на стационарном опытном участке  
Sowing of peas after wheat in six-field (A) and two-field (B) crop rotations on a stationary experimental plot

На опытном участке в посевах гороха встречались в основном следующие сорняки: однолетние – щирица (жминдовидная, запрокинутая), просо куриное; многолетние – осот (жёлтый, розовый) и молокан татарский.

В среднем за 2002–2019 гг. в посевах гороха после мягкой и твёрдой пшеницы в третьем и пятом вариантах опыта наблюдается высокая засорённость однолетними и многолетними сорняками. В фазе полных всходов и в период полного созревания гороха общее количество сорняков составило от 44,0 до 137,0 на удобренном и от 47,0 до 109,0 шт/м<sup>2</sup> на удобренном фоне питания (табл. 1). Масса сорняков в этих вариантах составила от 40,9 до 45,7 г/м<sup>2</sup>, что объясняется сильной засорённостью посевов гороха. На делянках гороха по предшественникам (мягкая и твёрдая пшеница) шестипольных севооборотов отмечается низкое количество сорных растений в первом, во втором и четвертом вариантах опыта. В двух фазах развития количество сорняков составило от 41,0 до 96,0 на удобренном, и от 34,0 до 99,0 шт/м<sup>2</sup> на удобренном фоне питания.

Весовой анализ растений по этим вариантам и фонам питания показал, что в основном масса сорняков находится в пределах от 31,7 до 39,5 г/м<sup>2</sup>, такие показания связаны с часто повторяющимися засухами в вегетационных

периодах, которые привели к снижению засорённости посевов и урожайности гороха.

За период исследований урожайность зерна гороха по всем предшественникам в севооборотах на удобренном фоне питания варьировала от 0,76 до 1,03, на удобренном – от 0,70 до 0,98 т/га. Наибольший выход зерна гороха отмечался в третьем варианте опыта на удобренном фоне питания – 1,03, на удобренном – 0,98 т/га. Наименьшей урожайность гороха была в пятом варианте эксперимента на двух фонах питания – 0,76 и 0,70 т/га.

Результаты многолетних исследований по вариантам посева гороха в севооборотах позволили провести статистическую обработку накопленных данных с помощью метода множественной регрессии. Системный анализ результатов привел к выявлению зависимости выхода зерна гороха от общего количества сорных растений на удобренном и удобренном фонах питания.

По всем вариантам опыта наблюдаются отрицательные показатели коэффициентов (бета, регрессии) и критерия Стьюдента, которые варьировали от –4,370 до –0,001 ед. (табл. 2).

Статистическая обработка данных показывает, что уровень значимости находится в пределах нормы ( $p \leq 0,05$ ) и чуть выше по всем вариантам опыта. Во втором и тре-

Таблица 1

Влияние сорняков на выход зерна гороха в шестипольных и двухпольном севооборотах в условиях стационарного опытного участка (2002–2019 гг.)

Influence of weeds on the yield of pea grain in six-field and two-field crop rotations under the conditions of a stationary experimental plot (2002–2019)

Вариант	Предшественник	Общее количество сорных растений, шт/м <sup>2</sup>		Масса сорняков, г/м <sup>2</sup>	Урожайность культуры, т/га	Уровень значимости (p) по двум фазам развития, * ед.		Влияние сорных растений на выход зерна гороха, %	
		в фазе полных всходов	в период полного созревания			первая	вторая		
1 (контроль)	Твёрдая пшеница	92,0	42,0	39,5	0,90	0,09	0,00	35,66	47,61
		79,0	34,0	31,7	0,83	0,03	0,00	25,56	45,57
2	Мягкая пшеница	96,0	45,0	38,6	0,91	0,06	0,05	20,31	20,39
		99,0	41,0	35,2	0,93	0,17	0,14	11,17	12,57
3	Мягкая пшеница	102,0	44,0	41,5	1,03	0,12	0,07	14,37	18,37
		109,0	47,0	42,7	0,98	0,13	0,08	13,98	17,84
4	Мягкая пшеница	96,0	41,0	36,9	0,89	0,07	0,03	19,07	24,29
		90,0	40,0	35,9	0,81	0,04	0,02	23,67	27,17
5	Твёрдая пшеница	137,0	56,0	45,7	0,76	0,00	0,00	45,39	54,41
		106,0	47,0	40,9	0,70	0,00	0,00	40,21	52,96

Примечание. Здесь и далее: В числителе – удобренный фон, в знаменателе – неудобренный.

\* Стандартная норма показателя  $p \leq 0,05$ .

Note. Hereinafter: In the numerator - fertilized background, in the denominator - unfertilized.

\* Standard rate of indicator  $p \leq 0.05$ .

тем вариантах наблюдали незначительное влияние этого фактора на выход зерна гороха и критерий уровня значимости составил от 0,05 до 0,17 ед. (см. табл. 1). Увеличение урожайности зерна гороха после мягкой пшеницы в этих вариантах опыта незначительно зависело от сорных растений и доля их влияния составила от 11,17 до 20,39%. Снижение продуктивности зерна гороха в остальных вариантах, особенно в пятом, связано с влиянием засорённости посевов в двух фазах развития, которое находится в диапазоне от 19,07 до 54,41 % при 0,00 ед. оптимального уровня значимости.

Из табл. 2 следует, что по всем вариантам опыта в двух фазах развития гороха отмечаются положительные показатели коэффициента детерминации и критерия Фишера, которые находятся в пределах от 0,111 до 19,096 ед. при стандартной ошибке бета и регрессии – от 0,001 до 0,236 ед.

Проведённая математическая обработка данных по всем результатам показывает, что снижение выхода зерна гороха на двух фонах питания зависит в большей степени от повы-

шения общего количества сорных растений, кроме второго и третьего вариантов опыта.

За 18 лет наблюдений по изучаемым посевам установлено изменение содержания подвижных форм питательных веществ в слое почвы 0–30 см и прибавки урожайности зерна гороха от минерального удобрения (аммофоса) в шестипольных и двухпольных севооборотах. Факторами, влияющими на изменение прибавки выхода зерна гороха с 1 га пашни в различных севооборотах, являются нитратный азот и подвижный фосфор в пахотном слое почвы.

Перед посевом гороха в севооборотах содержание питательных веществ на двух фонах питания находится на уровне от 3,8 до 9,8 мг/100 г почвы (табл. 3). Наибольшее количество накопленного нитратного азота ( $N-NO_3$ ) от аммофоса просматривается в пятом варианте опыта и контроле – 2,9 и 2,7 мг/100 г почвы. Максимальное содержание накопленного подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) отмечается в последствии твёрдой пшеницы, занятого пара и составило 2,0 и 1,9 мг/100 г почвы. Прибавка урожайности

Таблица 2

**Результаты множественной регрессии выхода зерна гороха в севооборотах в зависимости от общего количества сорных растений за 18 лет наблюдений**  
**Results of multiple regression of pea grain yield in crop rotations depending on the total number of weeds over 18 years of observation**

Вариант	Фаза развития гороха	Показатели множественной регрессии, ед.						
		коэффициенты статистического анализа			стандартная ошибка		критерий	
		β (бета)	b (регрессии)	г <sup>2</sup> (детерминации)	бета	регрессии	Стьюдента (16)	Фишера (1,16)
1 (контроль)	Входов	<u>-0,597</u>	<u>-0,002</u>	<u>0,356</u>	<u>0,201</u>	<u>0,001</u>	<u>-2,978</u>	<u>8,867</u>
		-0,505	-0,002	0,255	0,216	0,001	-2,344	5,495
	Созревания	<u>-0,690</u>	<u>-0,006</u>	<u>0,476</u>	<u>0,181</u>	<u>0,001</u>	<u>-3,814</u>	<u>14,544</u>
		-0,675	-0,008	0,455	0,184	0,002	-3,660	13,398
2	Всходов	<u>-0,451</u>	<u>-0,003</u>	<u>0,203</u>	<u>0,223</u>	<u>0,001</u>	<u>-2,020</u>	<u>4,079</u>
		-0,334	-0,001	0,111	0,236	0,001	-1,419	2,012
	Созревания	<u>-0,451</u>	<u>-0,006</u>	<u>0,203</u>	<u>0,223</u>	<u>0,003</u>	<u>-2,024</u>	<u>4,098</u>
		-0,354	-0,005	0,126	0,234	0,003	-1,517	2,300
3	Всходов	<u>-0,379</u>	<u>-0,002</u>	<u>0,144</u>	<u>0,231</u>	<u>0,001</u>	<u>-1,639</u>	<u>2,685</u>
		-0,374	-0,001	0,139	0,232	0,001	-1,613	2,601
	Созревания	<u>-0,428</u>	<u>-0,005</u>	<u>0,183</u>	<u>0,226</u>	<u>0,003</u>	<u>-1,897</u>	<u>3,600</u>
		-0,422	-0,004	0,178	0,227	0,002	-1,864	3,475
4	Всходов	<u>-0,437</u>	<u>-0,002</u>	<u>0,191</u>	<u>0,225</u>	<u>0,001</u>	<u>-1,941</u>	<u>3,769</u>
		-0,486	-0,003	0,236	0,218	0,001	-2,227	4,961
	Созревания	<u>-0,493</u>	<u>-0,006</u>	<u>0,242</u>	<u>0,217</u>	<u>0,002</u>	<u>-2,265</u>	<u>5,132</u>
		-0,521	-0,007	0,271	0,213	0,003	-2,443	5,970
5	Всходов	<u>-0,674</u>	<u>-0,003</u>	<u>0,453</u>	<u>0,185</u>	<u>0,001</u>	<u>-3,647</u>	<u>13,301</u>
		-0,634	-0,004	0,402	0,193	0,001	-3,280	10,759
	Созревания	<u>-0,738</u>	<u>-0,006</u>	<u>0,544</u>	<u>0,169</u>	<u>0,001</u>	<u>-4,370</u>	<u>19,096</u>
		-0,728	-0,007	0,529	0,171	0,001	-4,244	18,014

Таблица 3

**Влияние аммофоса на содержание накопленного нитратного азота и подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см и прибавку урожайности зерна гороха (2002–2019 гг.)**  
**Influence of ammophos on the content of accumulated nitrate nitrogen and mobile phosphorus in the soil layer of 0-30 cm and an increase in the yield of pea grain (2002-2019)**

Вариант, последствие	Содержание питательных ве- ществ, мг/100 г почвы				Прибавка зерна от удобре- ния, т/га	Коэффициент детерминации уравнения, ед.*		Влияние аммо- фоса на прибавку урожайности,%	
	перед посевом гороха		накопленных от аммофоса						
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1. Чёрного пара (контроль)	<u>8,2</u> 5,5	<u>5,6</u> 3,9	2,7	1,7	0,07	0,80	0,73	80,42	73,24
2. Чёрного пара	<u>7,7</u> 5,4	<u>5,9</u> 4,2	2,3	1,7	-0,02	0,53	0,60	53,46	60,00
3. Занятого пара	<u>7,3</u> 5,4	<u>5,7</u> 3,8	1,9	1,9	0,05	0,55	0,68	55,41	68,77
4. Сидерального пара	<u>7,8</u> 5,8	<u>5,4</u> 4,0	2,0	1,4	0,08	0,75	0,72	75,33	72,54
5. Твёрдой пшеницы	<u>9,8</u> 6,9	<u>5,9</u> 3,9	2,9	2,0	0,06	0,81	0,68	81,88	68,61

\* Критерий уровня значимости равен 0,00 ед. по всем вариантам опыта.

\* The criterion for the significance level is 0.00 units. for all variants of experience.

зерна от аммофоса проявляется по всем предшественникам и составляет 0,07; 0,05; 0,08 и 0,06 т/га, кроме второго варианта опыта.

Наибольшая прибавка урожайности зерна гороха получена в четвёртом варианте посева в последствии сидерального пара – 0,08 т/га. Отрицательное значение показателя от применения минерального удобрения во втором варианте опыта объясняется биологическими особенностями гороха. В засушливые годы выделение в почву биологического азота клубеньковыми бактериями приводит к отрицательному действию аммофоса – дисбалансу питательных веществ в почве, что вызывает снижение роста и развитие растения.

Математическая обработка результатов с помощью множественной регрессии пока-

зала зависимость прибавки урожайности зерна гороха от накопленного нитратного азота и подвижного фосфора в почве. Коэффициент детерминации уравнения по всем вариантам опыта варьировал от 0,53 до 0,81 ед. при 0,00 ед. уровня значимости. В связи с этим доля влияния аммофоса на прибавку урожайности зерна гороха по всем посевам составила от 55,41 до 81,88 %.

Во всех вариантах опыта установлены показатели статистического анализа по питательным веществам, коэффициенты их находятся в диапазоне от 0,060 до 72,323 ед. со стандартной ошибкой от 0,010 до 0,180 ед. при 0,00 ед. уровня значимости (табл. 4).

Наивысшие показатели при статистической обработке данных получены в пя-

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа зависимости прибавки урожайности зерна гороха в севооборотах от накопленных питательных веществ в почве за 18 лет наблюдений

Results of regression analysis of the dependence of the increase in pea grain in crop rotations on the accumulated nutrients in the soil over 18 years of observation

Вариант	Питательные вещества	Показатели статистического анализа, ед.							
		коэффициенты				стандартная ошибка			p – уровень значимости
		бета	регрессии	Стьюдента	Фишера	бета	регрессии	оценки	
1 (контроль)	N-NO <sub>3</sub>	0,897	0,078	8,108	65,740	0,111	0,010	0,115	0,000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,856	0,198	6,618	43,803	0,129	0,030	0,134	0,000
2	N-NO <sub>3</sub>	0,731	0,060	4,287	18,381	0,170	0,014	0,141	0,000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,775	0,151	4,899	24,004	0,158	0,031	0,131	0,000
3	N-NO <sub>3</sub>	0,744	0,071	4,459	19,855	0,167	0,016	0,180	0,000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,829	0,180	5,936	35,239	0,140	0,030	0,150	0,000
4	N-NO <sub>3</sub>	0,868	0,090	6,990	48,861	0,124	0,013	0,139	0,000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,852	0,249	6,502	42,277	0,131	0,038	0,147	0,000
5	N-NO <sub>3</sub>	0,905	0,086	8,504	72,323	0,106	0,010	0,114	0,000
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,828	0,208	5,914	34,980	0,140	0,035	0,150	0,000

том варианте опыта по нитратному азоту и в контроле по подвижному фосфору: доля их влияния на прибавку зерна гороха составила 81,88 и 73,24 %. Таким образом, анализ данных показывает связь между изучаемыми факторами. Коэффициенты бета и регрессии отличаются от 0 и составили 0,905; 0,856 и 0,086; 0,198 ед. Стандартная ошибка бета, регрессионного уравнения и оценки составила 0,106; 0,129; 0,010; 0,030 ед. и 0,114; 0,134 т/га. Критерии Стьюдента и Фишера имели

положительные значения. Коэффициенты детерминации составили 0,81 и 0,73 ед., это свидетельствует о том, что на 81 и 73 % качественней рассчитана множественная регрессия. Применённый регрессионный анализ хорошо описывает связь между факторными признаками, так как уровень значимости равен 0,00 ед. при нормативном показателе  $p \leq 0,05$ .

Результаты математической обработки данных по прибавке урожайности зерна го-



роха после твёрдой пшеницы в двухпольном севообороте и содержанию накопленного нитратного азота в слое почвы 0–30 см представлены на рис. 2.

На графике прослеживается прямо пропорциональная зависимость прибавки уро-

жайности зерна гороха с чередованием твёрдой пшеницы в двухпольном севообороте от содержания накопленного нитратного азота за счёт действия аммофоса в пахотном слое почвы. Чем больше или меньше количество питательного вещества, тем выше или ниже

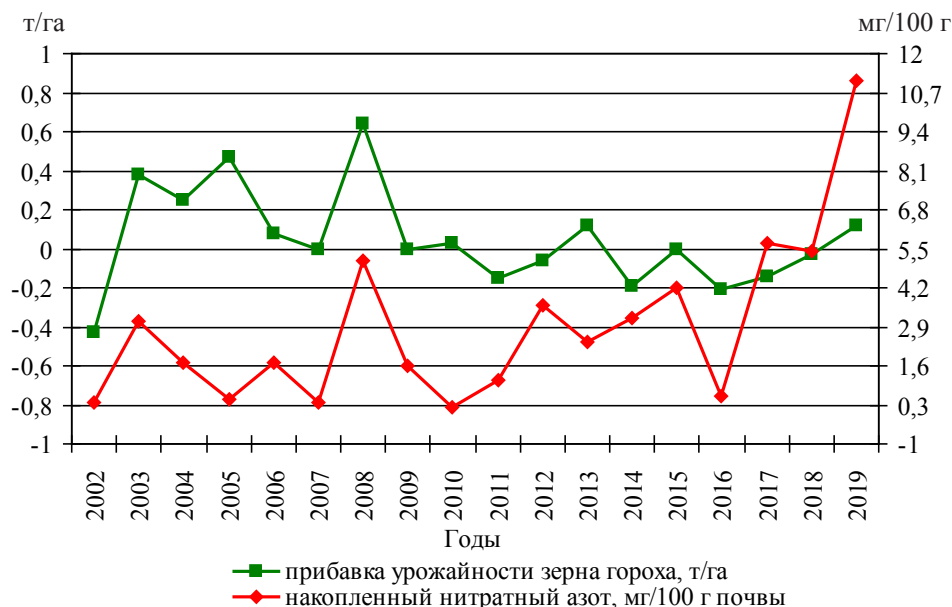


Рис. 2. Уровень прибавки урожайности зерна гороха в двухпольном севообороте от содержания накопленного нитратного азота в результате действия аммофоса за 18 лет наблюдений

The level of increase in pea grain in a two-field crop rotation from the content of accumulated nitrate nitrogen as a result of teffect of ammophos over 18 years of observations

уровень прибавки. За вегетационный период наблюдается снижение урожайности зерна гороха от влияния аммофоса. Наименьшая продуктивность гороха объясняется превышенным уровнем содержания накопленного нитратного азота перед посевом гороха и биологическими особенностями зернобобовой культуры.

Таким образом, в степной зоне Южного Урала для получения наибольшего выхода зерна гороха в сельскохозяйственном производстве необходимо применять посевы после мягкой пшеницы в зернопаровом севообороте с занятым суданской травой паром при внесении под основную обработку почвы аммофоса в дозе 40 кг действующего вещества азота и фосфора на 1 га пашни.

## ВЫВОДЫ

1. В полевых опытах 2002–2019 гг. установлено в третьем варианте посева гороха на удобренном фоне питания повышение урожайности зерна до 1,03 т/га. В результате действия аммофоса происходит накопление нитратного азота и подвижного фосфора до 1,9 мг/100 г почвы, что увеличивает выход зерна гороха. Продуктивность гороха на двух фонах питания в малой степени зависит от общего количества сорных растений, доля их влияния незначительна и находится в пределах от 13,98 до 18,37 %. Выход зерна на неудобренном фоне питания – 0,98 т/га.

2. В результате наибольшей засорённости посевов отмечается снижение выхода

зерна гороха после твёрдой пшеницы в двухпольном севообороте до 0,76 и 0,70 т/га. Максимальное содержание накопленного нитратного азота от действия минерального удобрения в пахотном слое почвы достигает 2,9 мг/100 г, что приводит к снижению урожайности гороха. Доля его влияния составила 81,88 %.

3. В результате статистической обработки данных в других вариантах опыта установлена зависимость выхода зерна гороха от общего количества сорняков и действия аммофоса, при этом уровень продуктивности варьирует от 0,81 до 0,93 т/га.

Исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2020–2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761–2019–0003).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кислов А. В. Влияние культур и различных видов севооборотов на плодородие почвы // Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области: сб. науч. тр. – Оренбург, 2002. – С. 45–61.
2. Нужная Н. А. Особенности формирования и развития сорного компонента полевого фитоценоза // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 7. – С. 55–57.
3. Котлярова О. Г., Котлярова Е. Г., Лубенцов С. М. Динамика сорной растительности в посевах гороха в зависимости от интенсивности обработки почвы и минерального питания // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 7. – С. 51–53.
4. Турусов В. И., Корнилов И. М., Нужная Н. А. Засорённость посевов в различных условиях агроландшафта // Защита и карантин растений. – 2014. – № 4. – С. 15–16.
5. Вынос химических элементов зерновыми культурами и сорными растениями / А. В. Ряховский, В. Н. Яичкин, Н. А. Корнева [и др.] // Наука и хлеб: сб. науч. тр. – Оренбург: ОНИИСХ, 2002. – Вып. 9. – С. 250–254.
6. Засорённость посевов гороха в зависимости от способов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов / В. М. Гармашов, И. М. Корнилов, Н. А. Нужная [и др.] // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 22–24.
7. Митрофанов Д. В. Влияние элементов погоды и запасов почвенной влаги на урожайность гороха в севооборотах на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (77). – С. 98–102.
8. Митрофанов Д. В. Влияние макроэлементов питания на продуктивность зерна гороха в различных севооборотах на территории степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 80–84.
9. *Phenotyping of Plant Biomass and Performance Traits Using Remote Sensing Techniques in Pea (Pisum sativum, L.)* / J. J. Quirós Vargas, C. A. Zhang, J. A. Smitchger [et al.] // Sensors (Basel). – 2019. – N 19 (9): 2031. – P. 23.
10. *Intensified Pulse Rotations Buildup Pea Rhizosphere Pathogens in Cereal and Pulse Based Cropping Systems* / Y. Niu, L. D. Bainard, W. E. May [et al.] // Front Microbiol. – 2018. – N 9: 1909. – P. 14.
11. *Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity* / Y. Gan, C. Hamel, J. T. O'Donovan [et al.] // Sci. Rep. – 2015. – N 5: 14625. – P. 14.
12. *Accuracy of GBS-based genomic selection for pea grain yield under severe terminal drought* / P. Annicchiarico, N. Nazzicari, L. Pecetti [et al.] // Plant Genome. – 2017. – N 10. – P. 13.
13. *Assessment of field pea (Pisum sativum L.) grain yield, aerial biomass and flowering date stability in Mediterranean environments* / R. Iglesias-García, E. Prats, F. Flores [et al.] // Crop Pasture Sci. – 2017. – N 68. – P. 915–923.
14. *Adaptation of field pea varieties to organic farming across different environments of Italy* / L. Pecetti, A. R. Marcotrigiano, L. Russi [et al.] // Crop Pasture Sci. – 2019. – N 70. – P. 327–333.
15. *Pea genomic selection for Italian environments* / P. Annicchiarico, N. Nazzicari, L. Pecetti [et al.] // BMC Genomics. – 2019. – N 20: 603. – P. 18.

## REFERENCES

1. Kislov A.V., *Sokhranenie i povyshenie plodorodiya pochv v adaptivno-landshaftnom zemledelii Orenburgskoi oblasti* (Preservation and improvement of soil fertility in adaptive landscape agriculture of the Orenburg region), Collection of proceedings, Orenburg, 2002, pp. 45–61. (In Russ.)
2. Nuzhnaya N.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2013, No. 7, pp. 55–57. (In Russ.)
3. Kotlyarova O.G., Kotlyarova E.G., Lubentsov S.M., *Vestnik Kurskoigосudarstvennoisel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2012, No. 7, pp. 51–53. (In Russ.)
4. Turusov V.I., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A., *Zashchita i karantin rastenii*, 2014, No. 4, pp. 15–16. (In Russ.)
5. Ryakhovskii A.V., Yaichkin V.N., Korneva N.A., Sidel'nikov N.A. *Nauka i khleb* (Science and bread), Collection of proceedings, Orenburg: ONIISKh, 2002, Issue. 9, pp. 250–254. (In Russ.)
6. Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A., Gavrilova S.A., Besspalov A.V., Govorov V.N., *Zashchita i karantin rastenii*, 2015, No.10, pp. 22–24. (In Russ.)
7. Mitrofanov D.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 3 (77), pp. 98–102. (In Russ.)
8. Mitrofanov D.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (78), pp. 80–84. (In Russ.)
9. Quirós Vargas J.J., Zhang C.A., Smitchger J.A., McGee R.J., Sankaran S., Phenotyping of Plant Biomass and Performance Traits Using Remote Sensing Techniques in Pea (*Pisum sativum*, L.), *Sensors (Basel)*, 2019, No. 19 (9): 2031, pp. 23.
10. Niu Y., Bainard L.D., May W.E., Hossain Z., Hamel C., Gan Y., Intensified Pulse Rotations Buildup Pea Rhizosphere Pathogens in Cereal and Pulse Based Cropping Systems, *Front Microbiol*, 2018, No. 9: 1909, pp. 14.
11. Gan Y., Hamel C., O'Donovan J. T. Cutforth H., Zentner R. P., Campbell C.A., Niu Y., Poppy L., Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity, *Sci. Rep*, 2015, No. 5: 14625, pp. 14.
12. Annicchiarico P., Nazzicari N., Pecetti L., Romani M., Ferrari B., Wei Y., Brummer E.C. Accuracy of GBS-based genomic selection for pea grain yield under severe terminal drought, *Plant Genome*, 2017, No. 10, pp. 13.
13. Iglesias-García R., Prats E., Flores F., Amri M., Mikić A., Rubiales D., Assessment of field pea (*Pisum sativum* L.) grain yield, aerial biomass and flowering date stability in Mediterranean environments, *Crop Pasture Sci*, 2017, No. 68, pp. 915–923.
14. Pecetti L., Marcotrigiano A.R., Russi L., Romani M., Annicchiarico P., Adaptation of field pea varieties to organic farming across different environments of Italy, *Crop Pasture Sci*, 2019, No. 70, pp. 327–333.
15. Annicchiarico P., Nazzicari N., Pecetti L., Romani M., Russi L., Pea genomic selection for Italian environments, *BMC Genomics*, 2019, No. 20: 603, pp. 18.