

УДК 631.17:631.4

# ДЕЙСТВИЕ СОСТАВА УДОБРЕНИЯ И ДОЗ АЗОТА ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ В СЕВООБОРОТЕ И НА МОНОКУЛЬТУРЕ ПШЕНИЦЫ

В.И. Волынкин, О.В. Волынкина, к.с.-х.н., Курганский НИИСХ

Один из длительных стационарных полевых опытов заложен в 1971 г. на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ. За 42 года исследований при сохранении ядра схемы опыта вносили изменения, которые принесли дополнительную полезную информацию. По результатам получены материалы по таким вопросам: действие и последствие удобрений в 4-польном зернопропашном севообороте и на монокультуре пшеницы на урожайность культур, качество урожая и свойства почвы, взаимосвязь систем удобрения, обработки почвы и защиты растений от сорняков.

Ключевые слова: система удобрения, севооборот, монокультура, качество урожая.

По данным ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, в Уральском регионе на 2007 г. велось 44 длительных опыта Географической сети (Сычёв, Романенков, 2007), 18 из которых заложены в 1965-1981 гг. В 90-е годы XX в. число длительных опытов резко сократилось. Сейчас ставится задача преемственности сохранённых стационарных экспериментов. Наряду с этим подчеркивается важность повышения информативности опытов путём совершенствования их схем. В 30-летнем стационаре Ставропольского ГАУ за время исследований сделаны три крупных модификации, а всего в нём осуществлено около 15 концептуальных изменений, вызванных состоянием науки и техники экспериментирования (Есаулко и др., 2007). На примере одного из стационаров Курганского НИИСХ можно видеть информативность 19 вариантов опыта, в который поэтапно внесено несколько изменений.

Основная цель опыта – нахождение оптимальных по составу и дозам удобрений в разных полях севооборота или монокультуры пшеницы. Результаты предыдущих краткосрочных опытов использовали при закладке стационара. Так, применяли наиболее эффективный способ внесения минеральных удобрений – локальный сеялкой СЗ-3,6; возделывали сорта культур интенсивного типа (пшеница Омская 18, Терция, кукуруза ВИР 42). Почва – чернозём выщелоченный маломощный малогумусный среднесуглинистый. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см 4,6%, рН<sub>сол.</sub> 6,2-6,4 при закладке и 5,0-5,2 в настоящее время. Содержание подвижного Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по Чирикову при закладке было очень низкое – 38-40 и 41-63 мг/кг в последние годы, К<sub>2</sub>O очень высокое 200-250 мг/кг. В течение 25 лет (1971-1995) работу вели в севообороте: кукуруза – две пшеницы – овёс, с 1996 г. – на монокультуре пшеницы. В 1-й период ежегодно осенью проводили вспашку, во 2-й был стерневой фон. Ежегодно осуществляли опрыскивание посевов гербицидом. С 1978 г. солому оставляли на поле. Как в севообороте, так и на бессменной пшенице наблюдалось высокое положительное действие добавления фосфорного удобрения к азотному с получением прибавки от фосфора 2-4 ц/га (табл. 1). Полное минеральное удобрение изменяло

прирост урожайности зерновых в среднем на 1 ц/га по отношению к азотно-фосфорному удобрению. Установлена несостоятельность повышения дозы азота при одностороннем его применении после N<sub>20</sub> для пшеницы и N<sub>40</sub> для кукурузы на фонах, бедных по обеспеченности фосфором.

## 1. Урожайность неудобранных зерновых в севообороте и прибавки от удобрений, ц/га (1971-1998 гг.)

Вариант опыта	Ротация							Среднее	Прибавка от Р <sub>40</sub> и Р <sub>40</sub> К <sub>40</sub>
	1-я 1971-1974 гг.	2-я 1975-1978 гг.	3-я 1979-1982 гг.	4-я 1983-1986 гг.	5-я 1987-1990 гг.	6-я 1991-1994 гг.	7-я 1995-1998 гг.		
Контроль	19,4	20,7	24,4	14,4	21,8	16,9	13,0	18,6	-
Прибавка от:									
N <sub>20</sub>	1,8	0,7	3,3	1,9	1,1	1,9	2,7	1,9	-
N <sub>40</sub>	2,8	0,4	3,4	1,7	1,3	1,5	3,1	2,0	-
N <sub>60</sub>	2,8	0,4	3,4	0,9	0,4	0,7	2,5	1,6	-
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub>	3,6	4,6	5,5	4,3	4,2	3,4	4,2	4,3	2,4
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	6,4	4,4	7,3	6,0	1,0	5,6	5,2	5,1	3,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	8,2	5,2	8,1	6,0	1,3	3,2	6,8	5,5	3,9
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> К <sub>40</sub>	3,9	3,3	5,0	5,4	4,0	4,4	4,4	4,3	2,4
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> К <sub>40</sub>	6,7	5,8	8,1	7,3	2,0	7,0	5,7	6,1	4,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> К <sub>40</sub>	7,7	7,2	9,0	7,2	2,4	6,2	6,8	6,6	5,0
НСР <sub>05</sub>	2,1	2,6	3,2	1,7	1,3	2,3	2,6		

\* Фосфор и калий вносили по 1995 г.

В азотно-фосфорном удобрении дозы N<sub>20</sub> было явно недостаточно, внесение N<sub>40</sub> на фоне Р<sub>20</sub> наиболее оптимально для зерновых. При использовании результатов опыта для рекомендаций производственной практике учитывают особенности зоны, где проведено исследование. Для более влажной северо-западной зоны Курганской области имеются разработки Шадринского опытного поля, по которым оптимальные дозы азота несколько выше. Для восточной зоны с солонцеватыми чернозёмами исследования проводят на Макушинском опытном поле. Поэтому выводы нашего эксперимента распространяются на выщелоченные чернозёмы центральной зоны Курганской области. В действии состава удобрения на посеве кукурузы та же закономерность: добавление фосфора удваивало прирост урожая. В поиске оптимальной дозы азота для кукурузы в азотно-фосфорном и полном минеральном удобрении более оправдан переход от дозы N<sub>40</sub> к N<sub>80</sub>. Следующий шаг увеличения дозы азота оплачивался ростом прибавки только два года из шести (1987 и 1991). Добавление дешёвого в те годы калийного удобрения давало положительный эффект при разных дозах азота в четырёх случаях (табл. 2).

## 2. Сбор сухого вещества неудобренной кукурузы в зернопропашном севообороте и прибавки при разном составе удобрения, ц/га

Вариант опыта	Годы						Среднее	Прибавка от $P_{40}$ и $P_{40}K_{40}$
	1975	1979	1983	1987	1991	1995		
Контроль	14	39	55	47	51	45	42	
Прибавка от:								
$N_{40}$	-1	9	20	3	10	0	7	-
$N_{80}$	-1	4	29	7	13	6	10	-
$N_{120}$	-1	8	31	6	9	7	10	-
$N_{40}P_{40}$	7	5	27	7	11	13	12	<b>5</b>
$N_{80}P_{40}$	6	9	47	22	19	22	21	<b>11</b>
$N_{120}P_{40}$	4	13	49	25	24	23	23	<b>13</b>
$N_{40}P_{40}K_{40}$	3	11	11	7	11	22	11	4
$N_{80}P_{40}K_{40}$	7	13	43	20	21	23	21	11
$N_{120}P_{40}K_{40}$	9	8	49	30	22	22	23	13
$HCP_{05}$	12	8	11	7	9	8		

В связи с ухудшением обеспечения сельского хозяйства России удобрениями, а также снижением темпов обновления машино-тракторного парка, начиная с 90-х годов XX в., в производственной практике снизились объёмы применения удобрений, особенно фосфорных, и использования осенней обработки почвы. Упадок в животноводческой отрасли вызвал сокращение посевов кормовых и, как следствие, увеличение бессменных посевов зерновых. Финансирование научных учреждений тоже ухудшилось. Поэтому с 1996 г. в опыте перестали вносить суперфосфат и хлористый калий. В этих вариантах прослежено за длительностью последствий фосфора. Учёт последствий вели на фоне двух изменений: вместо севооборота введена монокультура пшеницы и вспашка заменена оставлением с осени стерни. За 25 лет фосфорный фон в суммарной дозе составил  $P_{1000}$ , аналогично и калий. Если разделить эту сумму на 42 года, то среднегодовая доза составит  $P_{24}$ . В течение 17 лет после 1995 г. всё ещё проявляется последствие фосфора (табл. 3). На аналогичных вариантах последствия фосфора, где была комбинация не NPK, а NP, в 2008-2012 гг. стали добавлять по  $P_{20}$ , что в сумме за 42 года составило  $P_{1100}$ . Здесь средняя за 42 года доза фосфора равна  $P_{26}$ . На этих делянках с дозой  $P_{26}$  проводят многие сопутствующие наблюдения.

### 3. Последствие фосфора на бессменном посеве пшеницы, ц/га

Вариант опыта	Условная ротация				2011 г.	2012 г.	Средне-взвешенное	Прибавка от последствий $P_{40}K_{40}$
	7-я 1996-1998 гг.	8-я 1999-2002 гг.	9-я 2003-2006 гг.	10-я 2007-2010 гг.				
Контроль	13,0	8,7	11,7	8,1	18,3	6,7	10,4	-
Прибавка от:								
$N_{20}$	2,7	2,7	1,9	1,3	2,6	1,4	2,1	-
$N_{40}$	3,1	5,4	2,0	1,6	2,9	2,1	2,6	-
$N_{60}$	2,5	4,3	2,1	0,9	3,2	1,4	2,4	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	4,4	4,8	3,5	2,3	5,1	2,7	3,7	<b>1,6</b>
$N_{40}P_{40}K_{40}$	5,7	9,2	5,1	4,1	9,6	1,5	6,0	<b>3,4</b>
$N_{60}P_{40}K_{40}$	6,8	10,5	5,6	4,2	8,8	2,3	6,6	<b>4,2</b>
$HCP_{05}$	2,6	2,4	2,1	2,2	3,2	1,3		

\*П-последствие  $P_{1000}K_{1000}$ , внесённых за 1971-1995 гг., средняя доза в расчёте на 42 года –  $P_{24}K_{24}$ .

Очень важно знать, до какого уровня следует повысить содержание подвижного  $P_2O_5$  в почве, чтобы азотное удобрение было высокоэффективно. Наблюдения за динамикой  $P_2O_5$  в почве позволили не только определить этот уровень (70-80 мг/кг), но и уточнить шкалу обеспеченности растений фосфором для местных условий, что показано в трудах Курганского НИИСХ (Волынкин и др., 2001, 2007, 2010). В таблице 4 приведено содержание  $P_2O_5$  на разных фонах в слое почвы 0-20 см. Вполне очевидно, что оно снизилось при внесении одного азота. Последствие фосфора становится всё слабее, поскольку среднее за последние 5 лет содержание  $P_2O_5$  снизилось до 61 мг/кг, а на делянках, где в дополнение к такому же фону последствия фосфора с 2008 г. стали вновь вносить суперфосфат

в дозе  $P_{20}$ , количество подвижного фосфора составило в среднем 78 мг/кг.

## 4. Содержание $P_2O_5$ (по Чирикову) в слое почвы 0-20 см на бессменном посеве пшеницы, мг/кг

Вариант опыта	на бессемянном посеве пшеницы, кг/га				2012 г. май (до внесения удобрений)	Среднее
	2008 г. осень	2009 г.	2010 г. начало июля	2011 г.		
По стерне – стационар 1						
Контроль	63	51	64	41	45	53
N <sub>60</sub>	48	36	-	41	40	41
N <sub>40</sub> РР+Р <sub>20</sub> с 2008 г. (Р <sub>26</sub> )	80	-	-	-	-	
N <sub>60</sub> РР+Р <sub>20</sub> с 2008 г. (Р <sub>26</sub> )	82	72	78	74	82	78
N <sub>40</sub> РРК (Р <sub>24</sub> )	72	-	-	-	-	
N <sub>60</sub> РРК (Р <sub>24</sub> )	54	67	-	63	60	61

Не менее интересна оценка последствий азотного удобрения. В схеме опыта были варианты разного распределения азота между культурами севооборота: вся сумма на 4 культуры под кукурузу, внесение через год и ежегодное применение. С 1992 г., когда эта часть исследования была завершена, проследили за последствием азота. Как в действии, так и в последствии лучшим был приём внесения азота через год. Более всего проигрывало запасное внесение суммарной дозы в 1-е поле – под кукурузу. Если в первые 5 лет от последствия азота получены прибавки урожая 5-8 ц/га, то в последующие годы прирост урожая составил 1-3 ц/га, а в сухие годы прибавки отсутствовали. В опыте исследовали потери хорошо растворимого и подвижного по профилю почвы нитратного азота за счёт вымывания в нижние слои, что было более заметным при 3-й дозе азота и особенно при разовом внесении удобрения.

Для поддержания уровня содержания гумуса, по нашим и литературным данным, решающим является количество растительных остатков. Только на фоне азотно-фосфорного удобрения в дозах  $N_{40-60}P_{26}$  отмечали достаточное количество остатков и увеличение содержания гумуса. По годам и ротациям оно изменялось так: после ротаций с хорошим увлажнением и более высокими урожаями основной и побочной продукции в следующей ротации во всех вариантах содержание гумуса становилось выше при сохранении преимуществы вышеуказанных вариантов. После сухих лет картина противоположная. Колебания содержания гумуса по годам на контроле были в пределах 4,35-4,70%, а в вариантах  $N_{40-60}P_{26}$  – 5,08-6,67%. Вариант  $N_{20}P_{26}$  обеспечивал содержание гумуса на уровне контроля или ниже. Так, в 2012 г. на 42-й год систематического применения удобрений получены следующие данные содержания гумуса в слое почвы 0-20 см: контроль 4,70%,  $N_{20}P_{26}$  – 4,48,  $N_{40}P_{26}$  – 4,82 и  $N_{60}P_{26}$  – 5,69%.

Первоначально 4-польный севооборот был размещён в трёх полях, позднее – в двух. С 2005 г. в параллельном стационаре вместо стернового фона ввели поверхностную обработку почвы. В настоящее время сравнению разных систем осенней обработки почвы 8 лет. Три года с лучшим увлажнением преимущество по урожайности в 1,5; 4,6 и 5,7 ц/га было за фоном обработки почвы, а в засушливых условиях – за стерновым (на 1,1-2,8 ц/га зерна), где полнее сохранялись имеющиеся запасы влаги.

Качество урожая оценивалось долей сухого вещества и початков в зелёной массе кукурузы, натурой зерна пшеницы и её белковостью. Повсеместно отмечено положительное влияние удобрений на эти показатели. Достаточно подробно изучали и технологические свойства пшеницы сорта Терция, который в последние годы высевали в нашем опыте. Этот сорт не поражается ржавчиной и отзывчив на применение средств химизации. Такие показатели, как сила муки, объёмный выход хлеба и комплексная оценка хлеба в большей части сравнений за счёт удобрений также улучшались. Анализ данных показал, что в формировании белковости пшеницы особое место принадлежит азотному питанию. Сравнивая результаты по качеству зерна в опыте с параллельными экспериментами в зернопаровом севообороте, можно отметить,

что надёжнее всего получение зерна 3-го класса в поле по пару. Поэтому самыми высокими и стабильными по годам технологические свойства были у первой пшеницы после пара. На стерневом удобренном фоне за последние 12 лет по широко определяемому признаку качества зерна – содержанию клейковины – повторяемость качества пшеницы на уровне 3-го класса была лишь в 27% лет. За счёт удобрений в дозах  $N_{40-60}P_{26}$  частота 3-го класса повышалась до 64-73% лет. В параллельном стационаре, где 8 лет почву с осени обрабатывают, за тот же 12-летний период соответственно получена повторяемость 3-го класса: 27; 64 и 82% лет. При устранении вспашки и переходе на монокультуру пшеницы чаще отмечено преимущество дозы  $N_{60}$  перед  $N_{40}$ , но это характерно больше для условий достаточного увлажнения.

Всякая технология возделывания пшеницы будет принята практиками, если она приносит прибыль. Удобрения увеличивают расходы на технологию выращивания пшеницы с 3962 руб/га на контроле до 5946 руб/га. За счёт хорошего уровня средних прибавок (5,8-7,6 ц/га зерна пшеницы) от удобрений прибыль существенно возрастала. При 2343 руб/га на контроле (неудобренный фон) она повышалась до 4129-4889 руб/га при внесении  $N_{40-60}P_{26}$ . Это обеспечило рост рентабельности с 59 до 69-77% (при подсчётах взята средняя за последние 5 лет цена на зерно пшеницы). Если достигался 3-й класс качества пшеницы, то цена каждого центнера зерна обычно повышалась на 50-70 руб. Подсчёты с учётом качества пшеницы показали снижение рентабельности на контроле до 52% и повышение её на удобряемых фонах до 82%.

**Выводы.** На выщелоченном чернозёме с низким содержанием подвижного фосфора азотное удобрение значительно эффективнее в сочетании с фосфорным. При этом оптимальная доза азота для пшеницы – 40-50 кг/га, для кукурузы – 70-80 кг/га, оптимальная доза фосфора –  $P_{20}$ . Средний уровень прибавок пшеницы 5-7 ц/га в варианте  $N_{40}P_{20}$  обеспечивал достаточно высокую окупаемость затрат на внесение удобрений. Данные о длительности последствий азота и фосфора служат основанием для дифференцированного подхода к применению удобрений на разных полях сельскохозяйственных предприятий при условии знания истории поля и истории его удобрения.

#### *Литература*

1. Сычёв В.Г., Романенков В.А. Состояние и перспективы развития агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями // Материалы Регионального научно-методического совещания учёных-агрохимиков Географической сети опытов с удобрениями Северного Кавказа (г. Ставрополь, 14-15 сентября 2006 г.). - М.: ВНИИА, 2007. - С. 14-25.
2. Есаулко А.Н., Агеев В.В., Гречишкина Ю.И. и др. К 30-летию стационара кафедры агрохимии СГАУ (Результаты, проблемы, перспективы) // Материалы Регионального научно-методического совещания учёных-агрохимиков Географической сети опытов с удобрениями Северного Кавказа (г. Ставрополь, 14-15 сентября 2006 г.). - М.: ВНИИА, 2007. - С. 58-60.
3. Волынкин В.И., Волынкина О.В., Данилова Л.Ф. и др. Научные основы системы удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте / Научные основы систем земледелия Курганской области. - Курган, 2001. - С.62-110.
4. Волынкин В.И., Волынкина О.В., Телегин В.А. и др. Плодородие полей и эффективность применения удобрений на чернозёмах Зауралья. - Куртамыш, 2007. - 78 с.
5. Волынкин В.И., Волынкина О.В. Усовершенствованные приёмы удобрения в адаптивно-ландшафтном земледелии. - Куртамыш, 2010. - 297с.

#### **Effect of fertilizer composition and nitrogen rate at the systematic application in crop rotation and for wheat monoculture**

**V. I. Volynkin, O. V. Volynkina**

**Kurgan Research Institute of Agriculture, Russian Academy of Agricultural Sciences,  
Sadovoe, Ketovo raion, Kurgan oblast, 641325 Russia**

*A long-term stationary experiment has been established on the Central experimental field of the Kurgan Research Institute of Agriculture in 1971. During 42 years of studies, the experimental design remained unchanged, but some modifications were made to acquire additional information. Data on the following issues have been obtained: the effect and aftereffect of fertilizers on crop yield, crop quality, soil properties, relationship of fertilizing systems with tillage practice and weed control in a four-course grain-row crop rotation and wheat monoculture.*

*Keywords: fertilizing system, crop rotation, monoculture, crop quality.*