

УДК 633.112.1:631.82

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА КАРБОНАТНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

И. П. ДЕРЮГИН, Н. Н. НОВИКОВ, Г. Л. МОКРИЕВИЧ, Т. Ф. УШАКОВА,  
Л. И. ЖУКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии  
и кафедры с.-х. биотехнологии)

Показано, что внесение азотных удобрений эффективно при уровне нитратного азота в слое почвы 0—40 см не более 20 мг/кг. При его содержании 7—15 мг/кг допосевное внесение 40 кг азота на 1 га обеспечивало повышение урожайности на 3—5 ц/га и существенное улучшение макаронных свойств зерна. Для повышения урожайности и формирования высококачественного зерна яровой твердой пшеницы при уровнях подвижного фосфора 18—23 мг/кг и обменного калия 208—226 мг/кг (определяемого по Мачигину) необходимо также внесение фосфорных и калийных удобрений.

Важной задачей современного растениеводства является получение высококачественного зерна не только мягкой, но и твердой пшеницы, посевы которой в ближайшие годы будут значительно расширены. В силу своих биологических особенностей твердая пшеница по сравнению с мягкой более требовательна к питанию, агротехнике, температурному и водному режимам, в связи с чем при неблагоприятных условиях выращивания ее урожайность заметно снижается, ухудшается и качество зерна [5, 7, 8, 12, 17—19].

Твердая пшеница особенно чувствительна к изменению влажности

и температуры. При увеличении влажности, которое, как правило, сопровождается понижением температуры, повышается урожайность пшеницы, но при этом ухудшаются технологические, в частности макаронные, свойства зерна: снижается прочность макарон на излом и возрастает коэффициент развариваемости, возможно их потемнение [1, 4, 9, 18].

В результате применения удобрений урожайность твердой пшеницы возрастает в среднем на 4—14 ц/га, причем эта культура наиболее отзывчива на улучшение азотного и фосфорного питания. На макарон-

ные свойства зерна заметное действие оказывает внесение азотных удобрений. При повышении уровня азотного питания увеличивается накопление в зерне клейковины, улучшаются его макаронные свойства. Установлено, что для получения зерна с хорошими макаронными свойствами содержание нитратного азота необходимо поддерживать в слое почвы 0—40 см на уровне не ниже 10—15 мг/кг [2, 3, 6, 10, 12—14, 20, 21].

Меньше изучено действие фосфорных и калийных удобрений на макаронные свойства зерна. Имеются довольно противоречивые сведения о целесообразности применения внекорневых подкормок в посевах твердой пшеницы. Очень часто результаты изучения действия удобрений на урожайность и качество зерна твердой пшеницы не увязываются с данными о содержании элементов питания и запасах продуктивной влаги в почве.

Нами исследовалось действие удобрений на урожайность и макаронные свойства зерна яровой твердой пшеницы при ее выращивании на карбонатном черноземе.

### Методика

Полевые опыты проводили на экспериментальной базе Донского

сельскохозяйственного института в Ростовской области. Объектом исследований служила яровая твердая пшеница сорта Оренбургская 2. Почва — карбонатный чернозем на лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика почвы представлена в табл. 1.

Полевые опыты закладывали по интенсивной технологии (с технологической колеей). Удобрения вносили под весеннюю культивацию по схеме: 1987—1988 гг.— 1-й — без удобрений, 2-й — 60P60K, 3-й — 40N60P, 4-й — 40N60K, 5-й — 40N60P60K, 6-й — 80N60P60K, 7-й — 120N60P60K, 8-й — 60P60K+40N в фазу кущения, 9-й — 40N120P60K, 10-й — 40N60P60K+40N внекорневая подкормка. 1989—1990 гг.— 1—5-й и 10-й варианты те же, 6-й — 60N60P60K, 7-й — 80N60P60K, 8-й — 40N60P60K+40N в фазу кущения, 9-й — 40N90P60K.

До посева, а также в фазу кущения азот вносили в виде аммиачной селитры, фосфор и калий — соответственно в виде двойного суперфосфата и калийной соли. Внекорневую подкормку проводили 5% раствором мочевины в фазу начала формирования зерна. Площадь опытных делянок — 60 м<sup>2</sup>, учетной — 29,4 м<sup>2</sup>. Повторность опытов

Таблица 1  
Агрохимическая характеристика почвы и метеорологические условия в период вегетации растений

Год исследования	Содержание гумуса (по Тюрину), %	рН <sub>сол</sub>	Содержание нитратов (N—NO <sub>3</sub> ) в слое почвы 0—40 см, мг/кг	Содержание подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину), мг/кг		Запас продуктивной влаги в слое почвы 1 м, мм	Сумма за период вегетации (апрель — июль)	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		средне-месячных температур, °С	осадков, мм
1987	4,1	7,0	7,1	21	230	115	62	70
1988	4,4	7,1	15,2	23	220	124	70	57
1989	4,1	7,0	28,9	21	208	153	69	200
1990	3,7	7,3	20,6	18	226	167	66	208

4-кратная. Норма высева — 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Урожай убирали путем прямого комбайнирования.

В фазу кушения посевы пшеницы обрабатывали смесью аминной соли 2,4-Д (1,5 кг/га) и лонтрела (0,4 л/га). Совместно с гербицидами использовали препарат хлорхлинхлорид (6 л/га) с целью предотвращения полегания растений. Кроме того, в фазы кушения и выхода в трубку посевы опрыскивали препаратом актеллик (против вредных насекомых) из расчета 1 л на 1 га.

В зрелом зерне определяли содержание сырой клейковины и ее

качество по стандартной методике [15, 16]. Технологическую оценку макаронных свойств зерна проводили общепринятыми методами [11].

### Результаты

В опыте 1987 г. урожайность яровой твердой пшеницы определялась главным образом уровнем азотного и фосфорного питания, тогда как внесение калийного удобрения не приводило к получению существенной прибавки урожая (табл. 2). Урожайность пшеницы значительно повысилась при корневой азотной подкормке в фазу кушения (на фоне допосевого применения фос-

Т а б л и ц а 2

Урожай и качество зерна яровой твердой пшеницы в 1987 (числитель) и 1988 гг. (знаменатель)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Сырая клейковина, %	ИДК, ст. ед.	Прочность макарон, г	Разваримость макарон, г	Оценка макаронных свойств зерна, бал.
Без удобрений	17,1	27,7	75	660	4,4	2
	15,0	30,9	95	656	4,0	2
60P60K	19,2	27,7	65	746	4,1	4
	15,8	31,5	95	760	4,4	4
40N60P	20,6	29,3	75	720	4,0	3
	15,5	31,5	90	740	3,0	4
40N60K	18,3	27,7	65	826	3,8	5
	—	—	—	—	—	—
40N60P60K	20,6	29,6	75	840	3,9	5
	18,9	33,4	80	700	4,0	3
80N60P60K	21,8	26,2	75	740	4,1	3
	16,6	32,3	95	753	4,0	4
120N60P60K	19,8	26,2	85	760	4,0	4
	14,7	32,3	95	710	4,3	3
60P60K + 40N в фазу кушения	24,4	25,8	80	670	3,9	2
	16,0	31,2	90	776	4,7	4
40N120P60K	19,0	28,9	70	820	4,3	5
	16,6	32,7	95	713	4,0	3
40N60P60K + 40N внекорневая подкормка	21,1	29,6	65	740	3,9	3
	19,3	31,9	95	723	5,0	3
НСР	2,2					
	1,3	1,5	10	25	0,5	1

форно-калийных удобрений). Общая прибавка урожая при внесении удобрений составляла 3,5—4,7 ц/га, а в варианте с азотной подкормкой она достигала 7,3 ц/га.

Фосфорные и азотные удобрения также способствовали повышению накопления в зерне клейковины (на 2%), однако ее упругость (увеличение показателя ИДК) при этом несколько снижалась. На прочность макарон существенное влияние оказывали азотные и калийные удобрения. При внесении 40 и 60 кг д. в. этих удобрений на 1 га данный показатель возрастал соответственно на 94 и 120 г. Азотная подкормка растений в фазу кущения позволила существенно повысить урожай, но макаронные свойства зерна при этом не улучшались, более того, многие показатели качества зерна снижались (содержание клейковины и ее упругость, прочность макарон). Не наблюдалось также улучшения макаронных свойств зерна и в варианте с внескорневой азотной подкормкой, проведенной в фазу начала формирования зерна.

Учитывая результаты комплексной оценки всех изучаемых показателей, можно отметить, что в опыте 1987 г. лучшие результаты получены при совместном допосевном внесении 40N60P60K — урожайность пшеницы возросла на 3,5 ц/га, накопление в зерне клейковины — на 2%, существенно увеличивалась прочность макарон и снижалась их разваримость.

В 1988 г. в результате улучшения азотного и калийного питания урожайность яровой твердой пшеницы повышалась на 3,1 и 3,4 ц/га. Азотная подкормка в фазу кущения значительного эффекта не давала, что обусловлено длительным отсутствием осадков после внесения удобрений, вследствие чего они не использовались растениями на форми-

рование прибавки урожая. Выявлено положительное действие азотных и калийных удобрений на накопление в зерне клейковины, при этом отмечалось повышение упругости клейковины (уменьшение показателя ИДК). Прочность макарон была наибольшей в вариантах 60P60K, 80N60P60K и азотной подкормке в фазу кущения пшеницы. Поздняя внескорневая азотная подкормка существенного влияния на качество зерна не оказывала, исключение составило повышение разваримости макарон.

Таким образом, в опыте 1988 г. ни в одном из вариантов не получено зерно с отличными макаронными свойствами. Хорошими макаронными свойствами характеризовалось зерно в вариантах 60P60K, 40N60P, 80N60P60K и с азотной подкормкой в фазу кущения, однако по урожайности пшеницы все указанные варианты существенно уступали варианту 40N60P60K.

В опытах 1989 и 1990 гг. были скорректированы нормы допосевого внесения азотных и фосфорных удобрений. В связи с тем, что в предшествующие годы внесение 120 кг азота на 1 га не обеспечивало получения прибавки урожая и улучшения качества зерна, в дальнейшем максимальная норма азота составила 80 кг/га. По такой же причине была снижена максимальная норма фосфора — до 90 кг д. в. на 1 га. Кроме того, в фазу кущения проводили корневую азотную подкормку как прием дробного внесения азотных удобрений.

В 1989 г. по сравнению с 1987—1988 гг. в почве опытных участков содержалось значительно больше нитратного азота и меньше обменного калия, поэтому действие азотных удобрений на урожайность пшеницы было несущественным, а прибавка урожая при внесении калия достигала 7,5 ц/га (табл. 3).

Таблица

## Урожай и качество зерна яровой твердой пшеницы в опытах 1989 (числитель) и 1990 гг. (знаменатель)

Вариант опыта	Урожай- ность, ц/га	Сырая клейкови- на, %	ИДК, ст. ед.	Прочность макарон, г	Развари- мость ма- карон, г	Оценка макаронных свойств зерна, бал.
Без удобрений	15,4	25,4	55	723	4,3	3
	39,0	22,8	60	830	4,0	4
60P60K	24,7	26,5	70	820	4,0	5
	43,1	25,5	60	740	4,1	4
40N60P	15,4	26,7	65	680	4,0	2
	42,4	23,2	60	820	4,0	4
40N60K	26,3	28,8	55	723	4,0	3
	43,0	27,9	60	810	4,0	5
40N60P60K	22,9	25,9	55	703	4,3	3
	42,0	27,1	65	740	4,1	4
60N60P60K	23,0	25,4	60	720	4,3	3
	39,3	26,2	60	600	4,4	2
80N60P60K	20,4	26,2	75	766	4,0	4
	43,0	25,9	60	690	4,2	2
40N60P60K + 40N в фазу кушения	21,8	25,7	60	776	4,3	4
	42,6	26,2	60	770	4,1	4
40N90P60K	24,8	27,1	60	743	4,3	3
	39,8	26,9	60	820	4,0	5
40N60P60K + 40N вне- корневая подкормка	21,4	27,8	65	680	4,0	2
	42,1	25,3	55	820	3,9	4
НСР	2,0					
	1,7	1,5	10	25	0,5	1

Действие фосфорных удобрений также было несущественным. Наиболее высокий урожай яровой пшеницы получен при совместном применении калийных и азотных удобрений (прибавка 10,9 ц/га). В этом же варианте формировалось зерно с повышенным содержанием клейковины.

Следует отметить, что при улучшении азотно-калийного питания растений возрастала упругость клейковины, но вместе с тем снижалась прочность макарон. Макароны свойства зерна несколько улучшались при повышении уровня азотного питания (внесение 80N до посева или 40N до посева + 40N в фазу кушения). При поздней внекор-

невой азотной подкормке, несмотря на увеличение содержания клейковины, качество зерна твердой пшеницы, как правило, не улучшалось. Зерно с отличными макаронными свойствами при высоком уровне урожая формировалось в варианте с фосфорно-калийными удобрениями (без внесения азотного удобрения).

В 1990 г. на неудобренном фоне урожай зерна был довольно высокий (39,0 ц/га), что, очевидно, связано с повышением уровня влагообеспеченности и содержания в почве доступных растений питательных веществ. Однако и в этих условиях при внесении удобрений получена прибавка урожая (3,0—4,1 ц/га),

причем повышение урожайности пшеницы обеспечивалось совместным действием вносимых удобрений (NPK, NP, NK, PK). На накопленные клейковины положительно влияли азотные и калийные удобрения, тогда как прочность макарон в варианте с калийными удобрениями снижалась. Как показали результаты комплексной оценки, в большинстве вариантов опыта получено зерно с хорошими и отличными макаронными свойствами, за исключением вариантов с допосевным внесением 60N и 80N. Азотные подкормки не улучшали макаронные свойства зерна. Наиболее эффективным было внесение азотно-калийных удобрений: урожайность пшеницы повышалась на 4 ц/га, содержание клейковины — на 5,1 %, зерно имело отличные макаронные свойства.

Сопоставление полученных за 4 года данных показало, что урожайность яровой твердой пшеницы при выращивании ее на карбонатном черноземе Ростовской области зависела от метеорологических условий в процессе вегетации растений, запасов продуктивной влаги в почве, содержания в ней доступных растением питательных веществ, уровня минерального питания. Определяющим фактором, влияющим на макаронные свойства зерна твердой пшеницы, являются погодные условия и генетические особенности сорта. Наибольшие различия в годы проведения исследований наблюдались по количеству выпавших осадков (табл. 1), тогда как температура была практически одинаковой. В 1987—1988 гг. условия влагообеспеченности растений были хуже, чем в 1989—1990 гг., в связи с чем урожайность пшеницы даже при внесении удобрений не превышала 19—20 ц/га. В опытах 1989—1990 гг. запасы продуктивной влаги в почве и количество выпавших осадков бы-

ли значительно выше, благодаря этому урожайность яровой твердой пшеницы достигала 26—43 ц/га. Азотные удобрения оказывали положительное действие на формирование урожая и макаронные свойства зерна при содержании нитратного азота в слое почвы 0—40 см не более 20 мг/кг, оптимальная норма допосевого внесения азота — 40 кг/га. Корневая азотная подкормка в фазу кущения яровой твердой пшеницы может быть эффективной лишь при наличии осадков после ее проведения, что не всегда наблюдается в условиях Ростовской области. В проведенных нами опытах поздние внекорневые азотные подкормки не дали положительных результатов. При низком уровне нитратного азота в почве (7—15 мг N—NO<sub>3</sub> на 1 кг) в результате внесения азотных удобрений урожайность яровой твердой пшеницы повышалась на 2,6—5,2 ц/га, содержание клейковины — на 2 %, улучшились макаронные свойства зерна.

Калийные удобрения были наиболее эффективны при содержании в почве обменного калия (по Мачигину) 208 мг/кг. При уровне обменного калия 230 мг/кг калийные удобрения не оказывали положительного действия. Вследствие улучшения калийного питания (при содержании в почве обменного калия 208—226 мг/кг) урожайность яровой твердой пшеницы повышалась на 4,1—7,5 ц/га, в отдельные годы возрастало содержание клейковины и улучшались макаронные свойства зерна.

Прибавка урожая в вариантах с фосфорными удобрениями получена лишь в опыте 1987 г., тогда как в других опытах фосфорные удобрения положительно влияли на урожайность и качество зерна в сочетании с калийными или азотными

удобрениями. Поэтому при средней обеспеченности растений подвижным фосфором (в наших опытах 18—23 мг на 1 кг) для получения высококачественного зерна, по видимому, необходимо вносить фосфорные удобрения не более 60 кг д. в. на 1 га.

### Выводы

1. При уровне запасов продуктивной влаги в метровом слое карбонатной черноземной почвы 150—160 мм и сумме среднемесячных осадков за период вегетации не менее 200 мм возможно получение урожаев зерна яровой твердой пшеницы до 40 ц/га с хорошими и отличными макаронными свойствами.

2. Положительный эффект от внесения азотных удобрений наблюдался при содержании нитратного азота в слое почвы 0—40 см не более 20 мг/кг, при его содержании 7—15 мг/кг допосевное внесение 40 кг азота на 1 га обеспечивало повышение урожайности яровой твердой пшеницы (на 3—5 ц/га) и существенное улучшение макаронных свойств зерна.

3. Азотные подкормки не оказывали положительного действия на урожайность и макаронные свойства зерна твердой пшеницы, возделываемой на карбонатном черноземе.

4. При уровне подвижного фосфора в почве 18—23 мг/кг и обменного калия 208—226 мг/кг (определяемых по Мачигину) для повышения урожайности яровой твердой пшеницы и улучшения макаронных свойств зерна необходимо внесение фосфорных и калийных удобрений. При содержании в почве обменного калия 230 мг/кг калийные удобрения не оказывали на эти показатели положительного действия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Альдеров А. А., Ярина Г. Н.* Изменчивость макаронных качеств зерна твердой пшеницы в условиях вертикальной зональности Дагестана.— Науч.-техн. бюл. ВИР, 1988, вып. 185, с. 53—57.— 2. *Бельков Г. И.* Итоги научно-исследовательских работ по интенсификации производства зерна и внедрению научно обоснованных систем земледелия.— Пути увеличения производства зерна в Оренбургской обл. Уфа: Башкир. НИИ землед. и селекции и Оренб. НИИ сельского хоз-ва, 1987, с. 4—16.— 3. *Гридасов И. И., Данилова Н. Н., Андреева В. М., Кравченко В. Н.* Действие систематического применения удобрений на урожай и качество зерновых культур в условиях обыкновенных черноземов в Оренбургской области.— Тр. ВИУА, 1984, с. 105—111.— 4. *Гридасов И. И., Заверюха А. Х.* Интенсивные технологии выращивания твердых и сильных пшениц.— Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1989.— 5. *Гриценко В. В., Дмитриева В. А., Макеев С. Н.* Биологические и агротехнические особенности твердой пшеницы в условиях Саратовской области.— Тр. Кубан. СХИ, 1985, вып. 263, с. 75—80.— 6. *Демидова Э. Г., Шнайдер В. В.* Качество зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от азотной подкормки в Северном Казахстане.— Научн.-техн. бюл. ВНИИ зерн. хоз-ва, 1987, № 64, с. 51—55.— 7. *Ершов В. Л.* Урожайность и качество зерна твердой пшеницы при минимальной обработке почвы и комплексной химизации в южной лесостепи.— Интенсификация возделывания с.-х. культур в Запад. Сибири. Новосибирск: ВАСХНИЛ (Сиб. отд. СибНИИСХ), 1988, с. 73—83.— 8. *Калинин Н. И.* Изменение качества зерна яровой пшеницы под влиянием температуры воздуха.— Докл. ВАСХНИЛ, 1986, № 1, с. 12—13.— 9. *Калинин Н. И.* Белковость зерна яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий.— Докл. ВАСХНИЛ, 1988, № 2, с. 13—15.— 10. *Кириллов Ю. И., Павлов В. Д.* Влияние минеральных удобрений на урожай и содержание белка в зерне пшеницы. Агрохимия, 1989, № 1, с. 49—51.— 11. *Комаров В. Н.* Методи-

ческие указания по изучению технологических свойств пшеницы. Л.: ВИР, 1976.— 12. Кондратьев Р. Б., Габитов Н. М. Твердая пшеница в Сибири.— Вестн. с.-х. науки, 1985, № 1, с. 74—79.— 13. Костылева О. Ф., Хромова Э. П., Жанабеков К. М. Влияние интенсивной технологии выращивания зерна твердой пшеницы на показатели его качества.— Тр. ВНИИ зерна и продуктов его переработки, 1989, с. 23—26.— 14. Лихтенберг А. И., Казанцев Н. Я., Демидова Э. Г. Сравнительное изучение влияния минеральных и органических удобрений на урожай и качество зерна твердой и мягкой яровой пшеницы.— Интенсиф. почвозащит. земледелия в Сев. Казахстане.— Целиноград: ВНИИ З/Х, 1989, с. 40—50.— 15. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии.— М.: Колос,

1968.— 16. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений.— М.: Агропромиздат, 1985.— 17. Ряховский А. В. Изменчивость белковости зерна яровой пшеницы.— Химизация сельск. хоз-ва, 1989, № 11, с. 57—59.— 18. Савицкая В. А., Синицын С. С., Широков А. И. Твердая пшеница в Сибири.— М.: Колос, 1980.— 19. Aufhammer W., Kübler E., Fkderolf K.— Bodenkultur., 1989, vol. 40, N 2, S. 119—133.— 20. Hera S., Popescu S., Tdriceanu A. Cercetări privind influența fertilizării asupra conținutului și productivității de proteină la grâu și porumb. Bucuzesti, An. Irst. Cere Cereale Plante Tehn. Fundulea, 1988.— 21. Iocic B., Kovacev — Savzem poljopr, 1988, vol. 36, N 9—10, S. 405—418.

Статья поступила 2 августа 1991 г.

## SUMMARY

It is shown that application of nitrogenous fertilizers is efficient when the rate of nitrate nitrogen in the soil layer of 0—40 cm is not higher than 20 mg/kg. With its content of 7—15 mg/kg, presowing application of 40 kg of nitrogen per 1 ha provided the increase in yield by 3—5 hw/ha and considerable improvement in macaroni qualities of grain. To increase yield and to produce high quality grain of durum wheat with mobile phosphorus rate 18—23 kg/ha and exchangeable potassium rate 208—226 mg/kg (determined by Machigin), it is also necessary to apply phosphoric and potassium fertilizers.