

Обеспеченность растений яровой твёрдой пшеницы азотом в зависимости от условий агротехники и её урожайность

И.Н. Бесалиев, д.с.-х.н., А.Г. Крючков, д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ Оренбургский НИИСХ

Удобрение является одним из факторов увеличения количества и качества урожая. Внесение дополнительного минерального питания способствует повышению биологической активности почвы, активизирует деятельность почвенных микроорганизмов [1], а также снижает затраты влаги на создание единицы продуктивной части урожая на 20–30% [2]. Особое внимание необходимо уделять азоту, ибо по содержанию в почве доступных его соединений он подвержен значительной изменчивости в зависимости от характера предшествующего его использования [3, 4].

Яровая твёрдая пшеница имеет морфологические и физиологические особенности, которые необходимо учитывать при определении технологии возделывания. Одной из причин её более низкой урожайности по сравнению с мягкой являются особенности корневой системы, заключающиеся в том, что при засухе по числу узловых корней, массе корневой системы и отношению массы корней к массе надземных органов мягкая пшеница обычно превосходит твёрдую [5].

Цель исследования – определить обеспеченность азотом растения твёрдой пшеницы в связи с различными условиями агрофона и выразить математически её связь с урожайностью.

Материал и методы исследования. Экспериментальное исследование проводили на обыкновенном чернозёме в центральной зоне Оренбургской области с яровой твёрдой пшеницей в двух сериях опытов. В первой серии опытов изучались предшественники (чёрный пар, кукуруза на силос, мягкая пшеница) в сочетании с дозами удобрений (варианты удобрений представлены в таблицах). Во второй серии опытов изучали сроки сева (1-й – с наступлением физической спелости почвы, 2-й – через 7 дн., 3-й – через 14 дн.), нормы высева (3,5–4,5–5,5–6,5 млн всх. семян на 1 га) и дозы удобрений ($N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{80}P_{80}K_{40}$; $N_{120}P_{120}K_{40}$ и без удобрения) [6].

Содержание азота в нитратах в слоях почвы 0–30 и 30–60 см определяли по Грандваль – Ляжу [7].

Математический анализ коррелятивных связей проведён по программам Statgrafiks и Оренбургского НИИСХ.

Результаты исследования. Внесение различных доз удобрения, особенно в повышенных дозах, за-

метно повышало содержание в почве нитратного азота. Однако рост его содержания не был прямо пропорциональным дозам азота во вносимом удобрении (табл. 1).

Внесение азота в дозе N_{40} в составе полного (NPK), двойного (NP, NK) сочетания и при одинарном применении по предшественнику чёрный пар увеличило содержание нитратного азота в слое почвы 0–60 см по сравнению с контролем на 0,59–3,27 мг на 100 г сухой почвы (5,7–31,8%), по кукурузе на силос – на 1,99–2,59 мг (43,8–57,0%) и по мягкой пшенице – на 0,01–0,72 мг (0,2–16,5%). Удвоение дозы азота в составе NPK до 80 кг на 1 га способствовало увеличению количества азота нитратов в сравнении с фоном без удобрения по чёрному пару на 4,43 мг на 100 г сухой почвы (43,1%), по кукурузе на силос – на 2,01 мг (44,3%), по мягкой пшенице – на 1,21 мг (27,7%). При увеличении дозы азота в составе полного удобрения до 120 кг на 1 га рост доступного количества нитратного азота в почве достигал на фоне чёрного пара 7,65 мг на г сухой почвы (74,5%), на фоне кукурузы на силос – 3,70 мг (81,5%) и на фоне мягкой пшеницы – 2,96 мг (67,7%) по сравнению с неудобренным фоном.

Таким образом, внесение удобрения является фактором роста количества доступного азота в почве. При этом следует отметить, что при внесении удобрения в повышенных (до $N_3P_3K_3$) дозах удаётся

достигать обеспеченности азотом непаровых предшественников до уровня парового поля.

Сроки сева твёрдой пшеницы значительно не влияли на количество подвижного азота в пахотном и подпахотном слоях почвы. Внесение удобрения при этом более существенно повышало количество NO_3 в более глубоком (30–60 см) слое почвы (табл. 2).

Различия в содержании азота в зависимости от условий дополнительного минерального питания предшественников определили и различный уровень обеспеченности отдельного растения данным элементом.

Наиболее существенные различия по данному показателю обусловлены влиянием предшественников (табл. 3).

Подавляющее преимущество чёрного пара в этом случае объясняется накопительной ролью самого предшественника. Как показывают данные контрольного варианта, обеспеченность растений азотом без внесения удобрений на фоне пара выше в 2–2,5 раза, чем на непаровых фонах. При внесении удобрения разница в обеспеченности в пользу чёрного пара сохранялась в тех же пределах. Достичь уровня обеспеченности азотом на уровне неудобренного пара на фоне кукурузы на силос удаётся при внесении дозы полного удобрения с дозой азота N_{120} , а на фоне предшественника мягкая пшеница это не достигается

1. Влияние различных сочетаний элементов питания в удобрении на содержание NO_3 в слое почвы 0–60 см, мг на 100 г сухой почвы

Доза азота	Состав удобрения	Предшественник		
		чёрный пар	кукуруза на силос	мягкая пшеница
Без удобрения (к.)		10,27	4,54	4,37
N_{40}	N_{40}	10,86	6,56	4,38
N_{40}	$N_{40}P_{40}$ $N_{40}K_{40}$	13,00	7,13	5,09
N_{40}	$N_{40}P_{40}K_{40}$	13,54	6,53	4,66
	$N_{40}P_{80}K_{40}$			
	$N_{40}P_{120}K_{40}$			
N_{80}	$N_{80}P_{40}K_{40}$	14,70	6,55	5,58
	$N_{80}P_{80}K_{40}$			
	$N_{80}P_{80}K_{80}$			
N_{120}	$N_{120}P_{40}K_{40}$	17,92	8,24	7,33
	$N_{120}P_{120}K_{40}$			
	$N_{120}P_{120}K_{120}$			

2. Содержание подвижного азота в слоях почвы под посевами твёрдой пшеницы разных сроков сева и доз удобрений, мг на 100 г сухой почвы

Удобрение, кг д. в. на 1 га	Срок сева					
	1-й		2-й		3-й	
	Слой почвы, см					
	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
Без удобрения	4,3	2,9	4,8	4,9	4,9	3,2
$N_{40}P_{40}K_{40}$	7,2	6,8	4,6	3,6	6,8	5,8
$N_{80}P_{80}K_{40}$	6,6	5,1	7,4	3,2	6,1	3,5
$N_{120}P_{120}K_{40}$	7,6	8,6	6,3	5,0	8,8	8,1
Среднее по сроку сева	6,4	5,8	5,8	4,2	6,6	5,2

3. Обеспеченность 1 растения яровой твёрдой пшеницы азотом в слое почвы 0–60 см в зависимости от предшественников и доз удобрений, мг/раст

Удобрение, кг д. в. на 1 га	Предшественник			Средняя по удобрению
	чёрный пар	кукуруза на силос	мягкая пшеница	
Контроль	212	100	88	133
N ₄₀	222	138	86	149
P ₄₀	167	90	76	111
K ₄₀	168	111	80	120
N ₄₀ P ₄₀	315	206	96	206
P ₄₀ K ₄₀	183	102	76	120
N ₄₀ K ₄₀	269	133	110	171
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	316	120	88	175
N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀	282	150	128	187
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₄₀	294	196	152	214
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	254	96	94	148
N ₄₀ P ₁₂₀ K ₄₀	222	176	89	162
N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀	312	136	106	185
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₄₀	437	150	168	252
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	310	138	116	188
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	349	243	121	238
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + тур	258	156	149	188
Средняя по предшественнику	269	144	107	173

даже при таких высоких дозах дополнительного азотного питания.

Внесение удобрения с дозой азота N₄₀ кг на 1 га увеличивает в среднем обеспеченность данным элементом растений пшеницы по чёрному пару

в сравнении с контролем на 54 мг/раст (25,5%), по кукурузе на силос – на 45 мг/раст (45,0%), по мягкой пшенице – на 6 мг/раст (6,8%). При увеличении дозы азота в составе удобрения до 80 кг на 1 га рост обеспеченности по предшественникам составляет соответственно 89 мг/раст (42,0%), 41 мг/раст (41,0%) и 29 мг/раст (33,0%). С увеличением количества азота в составе удобрения до 120 кг на 1 га повышается обеспеченность данным элементом растений в сравнении с неудобренным фоном: по чёрному пару – на 122 мг/раст (57,6%), по кукурузе на силос – на 86 мг/раст (86,0%), по мягкой пшенице – на 60 мг/раст (68,2%).

Таким образом, предшественник чёрный пар даже без внесения удобрения обеспечивает существенное преимущество перед пропашным и зерновым предшественниками в обеспеченности азотом с начала вегетации твёрдой пшеницы.

Дополнительное удобрение по пару является фактором более значительной обеспеченности растения пшеницы азотом. Внесение удобрения по непаровым фонам также является условием существенного роста обеспеченности растения азотом, но преимущество чёрного пара, как фона предшественника, сохраняется.

С увеличением норм высева твёрдой пшеницы обеспеченность растений азотом снижается. Не обнаружено чёткой зависимости данного показателя от сроков сева, что объясняется условиями нитрификации почвы отдельных лет опытов. В два года опытов содержание подвижного азота

4. Обеспеченность 1 растения яровой твёрдой пшеницы азотом по слою почвы 0–60 см в зависимости от сроков сева, норм высева и доз удобрений, мг на 1 раст

Удобрение, кг д. в. на 1 га	Норма высева	Срок сева			Средняя по норме высева и удобрению
		1-й	2-й	3-й	
Контроль	3,5	85	127	114	109
	4,5	69	103	93	88
	5,5	61	86	84	77
	6,5	51	73	66	63
	средняя	68	97	89	85
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	3,5	177	84	177	146
	4,5	156	93	150	133
	5,5	133	77	140	117
	6,5	107	77	126	103
	средняя	144	82	148	125
N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀	3,5	154	133	137	141
	4,5	124	113	104	114
	5,5	104	104	102	103
	6,5	93	96	87	92
	средняя	119	112	107	113
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₄₀	3,5	207	150	229	195
	4,5	160	129	202	164
	5,5	152	109	174	145
	6,5	120	102	155	126
	средняя	160	122	190	157
Средняя по норме высева	3,5	156	124	164	148
	4,5	127	110	137	125
	5,5	112	94	125	110
	6,5	93	87	108	96
Средняя по сроку сева		122	104	133	120

5. Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от обеспеченности азотом из слоя почвы 0–60 см

Коррелируемая величина	Параметры величин (M±G)	v, %	η_{yx}	F	
				факт.	теор.
Обеспеченность 1 растения азотом, мг в среднем за 1976–1979 гг. (x ₁)	$\frac{76-437}{174\pm 85}$	49,0	–	–	–
Урожайность, ц с 1 га (y ₁)	$\frac{11,14-23,08}{17,28\pm 3,69}$	21,4	0,983	1,76	1,76
$y_1 = 27,778 \cdot 10^{-30,53x_1} \pm 0,69$ ц с 1 га, для 96,60% случаев					
Обеспеченность 1 растения азотом, мг по данным 1982–1985 гг. (x ₂)	$\frac{177-229}{117\pm 4,17E-02}$	35,7	–	–	–
Урожайность, ц с 1 га (y ₂)	$\frac{19,26-2250}{21,10\pm 0,77}$	3,7	0,598	1,49	1,46
$y_2 = 21,035 - 9,693x_2 + 78,065x_2^2 \pm 0,63$ ц с 1 га, для 35,71% случаев					
Обеспеченность 1 растения азотом по чёрному пару, мг (x ₃)	$\frac{75-735}{267\pm 0,15}$	57,4	–	–	–
Урожайность, ц с 1 га (y ₃)	$\frac{11,32-32,98}{21,79\pm 5,21}$	23,9	0,553	1,40	1,46
Функция не удовлетворяет критерию Фишера					
Обеспеченность азотом по кукурузе на силос, мг (x ₄)	$\frac{56-279}{137\pm 5,78E-02}$	42,1	–	–	–
Урожайность, ц с 1 га (y ₄)	$\frac{9,16-26,00}{16,07\pm 3,48}$	21,6	0,732	2,09	1,76
$y_4 = 10,325 + 42,726x_4 - 7,548x_4^2 \pm 2,47$ ц с 1 га, для 53,62% случаев					
Обеспеченность азотом по мягкой пшенице, мг (x ₅)	$\frac{37-182}{103\pm 3,67E-02}$	35,6	–	–	–
Урожайность, ц с 1 га (y ₅)	$\frac{6,20-20,48}{13,20\pm 3,79}$	28,7	0,604	1,52	1,46
$y_5 = 4,195 + 126,135x_5 - 311,179x_5^2 \pm 2,99$ ц с 1 га, для 37,36% случаев					

было больше при средних и поздних сроках. С ростом дозы удобрения до N₁₂₀P₁₂₀K₄₀ при всех сроках сева обеспеченность растений азотом была наибольшей как в загущенных (6,5 млн), так и в более редких посевах (табл. 4).

Математический анализ данных в среднем по предшественникам показал её высокую степень с корреляционным отношением 0,983 при детерминации полученных результатов в 96,60% случаев. При анализе интересующих связей в разрезе предшественников степень зависимостей нарушается: по предшественнику чёрный пар она становится несущественной и сохраняется по пропашному и зерновому предшественникам (табл. 5).

Уровни обеспеченности растения твёрдой пшеницы азотом, определяющие её наибольшую урожайность, зависят в значительной степени от предшественников. Высокая урожайность твёрдой пшеницы по чёрному пару (до 28,9 ц с 1 га) определяется очень высоким уровнем обеспеченности азотом (до 867 мг на 1 раст). Более низкие уровни продуктивности культуры по кукурузе на силос (20,2 ц с 1 га) и мягкой пшенице (17,0 ц с 1 га) регламентируются соответственно в 2 (401 мг/растение) и 4 раза меньшим (202 мг/растение) уровнем обеспеченности азотом.

Резкое снижение обеспеченности данным элементом (в 8–10 раз) ведёт к резкому падению продуктивности твёрдой пшеницы.

Выводы. Обеспеченность азотом является одним из существенных факторов увеличения урожайности твёрдой пшеницы. Посев по чёрному пару в этом смысле выступает не только фактором улучшения водного режима растений, снижения засорённости, но и повышения продуктивности за счёт улучшения азотного питания. По пропашному и особенно по зерновому предшественникам внесение дополнительного минерального питания улучшает обеспеченность культуры азотом, что в свою очередь является фактором роста её урожайности.

Литература

1. Кирюшин В.И. Классическое наследие и современные проблемы агропочвоведения // Почвоведение. 1996. № 3. С. 269–276.
2. Паников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. М.: Колос, 1977. 414 с.
3. Яховский А.В., Ярцев Г.Ф., Кравченко В.Н. Применение удобрений под полевые культуры // Агробиологические особенности, технологии возделывания и параметры высокопродуктивных агроценозов полевых культур в условиях Южного Урала: научные труды. Юбилейный выпуск / Под научн. и общ. ред. проф. Г.В. Петровой. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2006. С. 54–72.
4. Гулянов Ю.А., Карпов М.С., Коренной А.С. Влияние озимой пшеницы на урожайность зерна на чернозёмах Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (57). С. 23–26.
5. Кумаков В.А. К физиологическому обоснованию модели сорта яровой твёрдой пшеницы (методические указания селекционно-опытным учреждениям) / В.А. Кумаков, О.В. Березина, А.П. Игошин, В.К. Чернов, А.Ф. Андреева, А.Г. Мазманиди, О.А. Евдокимова. Саратов, 1990. 22 с.
6. Крючков А.Г., Абдрашитов Р.Х., Бесалиев И.Н. Материалы заключительных отчётов отдела технологии зерновых культур за 1976–1980 гг.
7. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. С. 214–217.