

Пути оптимизации использования фосфорсодержащих удобрений при засухах

К.Н. Бирюков, к.с.-х.н., А.И. Грабовец, чл.-корр. РАН, д.с.-х.н., профессор, О.В. Бирюкова, мл. н.с., ФГБНУ ФРАНЦ

Основная причина, при которой приходится искать новые решения в уже отлаженных технологиях возделывания пшеницы и тритикале в северных зонах Ростовской области, — это нарастание аридности климата. За последние 25 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2,5°C, среднегодовое количество осадков (за тот же период) уменьшилось на 20 мм [1]. Уменьшение

общей суммы осадков за год усугубляется высокими положительными температурами воздуха во время вегетации, часто суховеями. Динамика проявления засух в северных зонах Ростовской области имеет свои особенности. Если в 90-е годы прошлого века 3–4 года из 10 были засушливыми, то за период с 2000 по 2010 гг. таких лет было 7. Все эти изменения приводят к недобору урожая пшеницы и тритикале [2].

Урожай зерна на конкретном поле определяется макроэлементом, находящимся в минимуме. Таким макроэлементом на севере Ростовской

области является фосфор. Естественный его фон относительно постоянен и находится в пределах 12–14 мг/кг. Оптимальной нормой считается 30–40 мг/кг доступных фосфатов [3]. Исследования в условиях недостаточного увлажнения по применению фосфорных удобрений на озимых пшенице и тритикале выявили особенности их применения. Определяющими факторами оказались:

- постоянный дефицит влаги при засухах в слое почвы 0–10 см и ниже;
- низкие запасы минерального фосфора в почве, в том числе доступные его формы;
- высокое содержание карбонатов в чернозёме южном; контакт с ними обуславливает переход P_2O_5 в недоступные для растений фосфаты кальция;
- естественная миграция фосфора по пахотному слою практически отсутствует. От точки соприкосновения с почвой фосфор передвигается максимум на 1–2 см [4].

Вот почему очень редко срабатывает фактор положительного воздействия на урожай внесения фосфорсодержащих удобрений под предпосевную культивацию. Этому мешает как частая иссушенность посевного слоя, так и связывание фосфора кальцием.

Роль фосфора в жизнедеятельности пшеницы и тритикале очень важна. Хорошее фосфорное питание ускоряет формирование корней, повышает зимостойкость и засухоустойчивость. Достаточное количество фосфора является основой для эффективного использования азота [5].

Поэтому при решении проблемы стабилизации урожая зерна особое значение приобретает применение сложных фосфорсодержащих удобрений [6]. Для засушливых условий важно их внесение в легкодоступной для растений форме. Поэтому большую роль играют жидкие комплексные удобрения, которые наносятся на вегетирующие растения [7]. Усвояемость фосфора из этих удобрений составляет 60–80% и внести его можно в те фазы развития растений (от выхода в трубку до колошения), когда его потребление является максимальным [8].

Поэтому **цель** данного исследования заключалась в выявлении наиболее оптимальных способов использования сложных фосфорных удобрений при возделывании озимых пшеницы и тритикале в засушливых условиях.

Материал и методы исследования. Исследование выполнено в ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в северо-западной зоне

Ростовской области в 2011–2017 гг. Почва опытного участка представлена чернозёмом южным карбонатным среднемощным. Мощность гумусового горизонта 60–70 см. Количество гумуса в пахотном слое находилось в пределах 3,6%. Величина рН в гумусовом горизонте была на уровне 7,0–7,8 [9].

Предшественник – чёрный пар. Уход за паром – общепринятый для зоны. Посев озимых культур проводили в оптимальные для зоны возделывания сроки (5–10 сентября) с нормой высева 4 млн/га по всем агрофонам. Семена заделывались на глубину 5–6 см. Площадь делянки – 50 м², повторность опыта трёхкратная. За все годы было изучено 18 сортов озимой пшеницы и 12 сортов озимого тритикале. Основное удобрение (аммофос, $N_{12}P_{52}$) вносили осенью под основную обработку почвы (вспашка на глубину 18–20 см). Ранневесеннюю подкормку проводили аммиачной селитрой (40 кг/га д.в.) прикорневым способом при физической спелости почвы в фазе кушения пшеницы и тритикале. Для внекорневых подкормок использовали жидкое комплексное удобрение ($N_{13}P_{37}$) и карбамид (N_{46}). Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) вносили в фазе стеблевания аппаратом «Фортуна» из расчёта 50 кг/га в физическом весе (25 кг/га д.в.). Карбамид вносили в фазе колошения аппаратом «Фортуна» из расчёта 65 кг/га в физическом весе (30 кг/га д.в.).

Уходные работы (прополка дорожек, обработка против сорняков и вредителей) вели по мере необходимости и в сжатые сроки. Учёт урожайности пшеницы и тритикале проводили поделяночно, прямым комбайнированием в фазе полной спелости зерна комбайном Сампо 130.

Результаты исследования. В результате проведенного эксперимента было установлено, что максимальная отдача фосфорных туков отмечалась при внесении их под отвальную вспашку на глубину 18–20 см. В опытах 2011–2017 гг. аммофос вносили в дозе 100 и 200 кг/га под вспашку пара с отвалом (табл. 1).

До закладки опыта фосфор на участке вносили систематически. Поэтому несмотря на уравнильный посев овса уровень доступных фосфатов был выше среднего (28 мг/кг). В период парования почвы за счёт активизации деятельности азотобактера и нитробактера в ней накопилось 113–120 мг/кг азота. В результате даже на неудобренном агрофоне урожай зерна был достаточно высоким (4,74–5,67 т/га). При внесении P_{52} уровень прибавки

1. Урожайность озимых пшеницы и тритикале при внесении аммофоса под вспашку, т/га (2011–2017 гг.)

Культура	Фон без удобрений	100 кг/га аммофоса (P_{52})		200 кг/га аммофоса (P_{104})	
		урожайность, т/га	+, – к фону без удобрений	урожайность, т/га	+, – к фону без удобрений
Озимая пшеница	4,74	5,10	+0,36	5,44	+0,70
Озимое тритикале	5,67	5,93	+0,26	6,25	+0,58

в среднем по пшенице составил 0,36, по тритикале – 0,26 т/га. При этом увеличения в почве доступных фосфатов не выявили. Это произошло после внесения P_{104} . Уровень доступных фосфатов увеличился на 10,7 мг/кг. Прибавки зерна в этом случае удвоились.

В продолжение исследования нами были изучены другие варианты эффективного внесения фосфора. В 2011 и 2016 гг. был заложен методический опыт с жидким комплексным удобрением на агрофоне со средним количеством доступных фосфатов. Планировали изучить влияние улучшения фосфорного питания пшеницы и тритикале путём внекорневой подкормки ЖКУ на урожай зерна. ЖКУ вносили в виде раствора (300 л/га) в фазе стеблевания пшеницы и тритикале (табл. 2).

При среднем уровне доступных фосфатов в почве повышение дозы фосфора на 25 кг/га в д.в., вносимых в виде ЖКУ, обуславливало увеличение вала зерна по пшенице на 0,71 т/га во влажный год и на 0,64 т/га в засуху. По тритикале эти цифры составляли соответственно 0,66 и 0,54 т/га.

Следующий вариант, который изучали, включал в себя ранневесеннюю подкормку азотом (доза 40 кг/га д.в.) в фазе кущения и внесение ЖКУ в фазе стеблевания (табл. 3).

Количество доступных фосфатов в почве было выше среднего. Из четырёх лет изучения три года были засушливыми. Подкормка одним только азотом способствовала увеличению урожайности у сортов озимой пшеницы в среднем на 0,63 т/га.

На 1 кг действующего вещества удобрений в этом варианте прибавка зерном составляла 15,8 кг. При добавлении 50 кг/га ЖКУ в фазе стеблевания удалось дополнительно получить 0,56 т с 1 га и увеличить отдачу от внесённых удобрений до 18,3 кг зерна на 1 кг д.в. По озимому тритикале внесение азота позволило получить среднюю урожайность на уровне 7,82 т/га. При подкормке ЖКУ этот показатель увеличился на 7%. Прибавки в зерне на 1 кг д.в. также были весомые – 17 кг при работе только с азотом и 18,6 кг при дополнительной подкормке ЖКУ. Однако следует отметить, что при недостаточном уровне доступных фосфатов в почве внекорневая подкормка ЖКУ не заменяет основное внесение фосфорных туков.

Высокие валовые сборы зерна можно получить только с использованием азота, который вносится в разные фазы развития растений (если в этом есть необходимость), но внесение азотных удобрений в плане их максимальной отдачи также имеет свои особенности. Поэтому в наших опытах помимо варианта с внесением ЖКУ в фазе стеблевания изучался вариант внесения азота в фазе колошения (табл. 4).

По результатам данного опыта можно ещё раз подтвердить высокую эффективность ранневесенней подкормки аммиачной селитрой. Прибавки составили порядка 0,56–0,58 т/га зерна по пшенице и тритикале соответственно. Это особенно проявилось по интенсивным сортам. Если на фон 100 кг/га аммофоса + 120 кг селитры добавляли еще 50 кг/га ЖКУ при стеблевании или 65 кг/га

2. Эффективность использования ЖКУ при внекорневых подкормках

Культура	2011 г. (засуха)			2016 г. (влажный)		
	фон без удобрений	ЖКУ (50 кг/га)	прибавка	фон без удобрений	ЖКУ (50 кг/га)	прибавка
Озимая пшеница	4,93	5,57	+0,64	7,53	8,24	+0,71
Озимое тритикале	5,61	6,15	+0,54	8,84	9,50	+0,66

3. Реакция пшеницы и тритикале на подкормки на примере ряда сортов (2013–2016 гг.)

Сорт	Урожай зерна, т/га		
	фон без удобрений	N_{40}	$N_{40} + 50$ кг/га ЖКУ
озимая пшеница			
Донэра	5,59	6,23	6,83
Вестница	5,41	6,06	6,68
Боярыня	5,87	6,46	6,91
Среднее	5,62	6,25	6,81
Прибавка к контролю	контроль	0,63	1,19
Прибавка в кг на 1 кг д.в.	–	15,8	18,3
озимое тритикале			
Ацтек	7,00	7,88	8,52
Сколот	6,88	7,54	8,01
Донслав	7,46	8,00	8,54
Пилигрим	7,20	7,87	8,34
Среднее	7,14	7,82	8,35
Прибавка к контролю	контроль	0,68	1,21
Прибавка в кг на 1 кг д.в.	–	17,0	18,6

4. Эффективность подкормок аммиачной селитрой, ЖКУ, карбамидом на фоне 100 кг/га аммофоса

Культура	Фон без удобрений	Прибавка, т/га (среднее за 2011–2017 гг.)		
		120 кг/га селитры	120 кг/га селитры + ЖКУ (50 кг/га)	120 кг/га селитры + карбамид (65 кг/га)
Озимая пшеница	5,43	+0,58	+0,83	+0,86
Озимое тритикале	6,12	+0,56	+0,86	+0,95

5. Эффективность подкормок аммиачной селитрой, ЖКУ, карбамидом на фоне 200 кг/га аммофоса

Культура	Фон без удобрений	Прибавка, т/га (среднее за 2011–2017 гг.)		
		120 кг/га селитры	120 кг/га селитры + ЖКУ (50 кг/га)	120 кг/га селитры + карбамид (65 кг/га)
Озимая пшеница	5,43	+0,79	+0,99	+1,17
Озимое тритикале	6,12	+0,75	+1,07	+1,25

карбамида в период колошения, то прибавки составляли в первом варианте 0,83–0,86 т/га, во втором – 0,86–0,95. Результаты этого опыта позволяют заключить, что в зонах с недостаточным увлажнением при низком и среднем уровне доступных фосфатов в почве дозы азота рано весной экономически оправданы на уровне 30–40 кг/га д.в. Затем для получения более высоких урожаев следует дополнительно проводить внекорневые подкормки ЖКУ или карбамидом.

Ещё большие прибавки зерна были при применении аммиачной селитры на фоне 200 кг/га аммофоса, внесённого под вспашку (табл. 5).

У озимой пшеницы урожайность увеличилась на 0,79 т/га, у озимого тритикале – на 0,75. Это подтверждает то, что если какой-либо макроэлемент находится в минимуме (в данном случае фосфор), то его недостаток приводит к неэффективному использованию других макроэлементов (в конкретном примере – азот). Как только довели количество доступных фосфатов в почве до оптимального (внеся 200 кг/га сложных туков), сразу последовала отдача от внесённого азота. У варианта 200 кг/га аммофоса + 120 кг/га аммиачной селитры + 50 кг/га ЖКУ увеличение вала зерна составило в среднем по пшенице и тритикале 17–18%. Когда в вышерассмотренной схеме ЖКУ заменили карбамидом в фазе колошения, то прибавки зерна увеличились до 1,17–1,25 т/га. Т.е. при высоком количестве в почве доступных фосфатов более эффективной является работа с азотными удобрениями (в данном случае карбамидом) при внекорневой подкормке.

На основании проведённого исследования можно сделать следующие **выводы**:

– на южном чернозёме система удобрений под озимые пшеницу и тритикале должна базироваться на количестве доступных фосфатов в почве;

– выявлен наиболее оптимальный вариант для засушливых условий внесения фосфорсодержащих удобрений в пахотный горизонт – под отвальную вспашку чёрного пара на глубину 18–20 см;

– доказана повышенная реакция пшеницы и тритикале на внесение растворов с фосфором на листья в фазе стеблевания;

– ранневесенняя азотная подкормка определяет величину урожая; при низком и среднем уровнях доступных фосфатов достаточно вносить 30–40 кг/га д.в. азота;

– высокие валовые сборы зерна хорошего качества можно получить только с использованием азота, отношение которого к фосфору должно варьировать в зависимости от обеспеченности посевов влагой: при засухах – 1–1,25, при оптимуме – 1,3–1,5.

Литература

1. Бирюков К.Н. Оптимизация минерального питания озимой пшеницы при возделывании её на южном чернозёме в условиях нарастания континентальности климата // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 14–16.
2. Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Тритикале. Ростов-на-Дону: «Издательство Юг», 2019. 440 с.
3. Зональные системы земледелия на ландшафтной основе / В.Н. Василенко [и др.]. П. Рассвет, 2007. 244 с.
4. Технология возделывания озимых пшеницы и тритикале на Дону в условиях нарастания засух / А.И. Грабовец [и др.]. Ростов-на-Дону, 2015. 140 с.
5. Выращивание программированных урожаев озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области / А.А. Спиваков [и др.]. Каменная Степь, 2014. 63 с.
6. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Ляшков И.В. Эффективность комплексных удобрений при возделывании зернового озимого тритикале на южных чернозёмах // Агрономия. 2012. № 4. С. 35–41.
7. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: «Издательство Юг», 2007. 544 с.
8. Ляшков И.В. Эффективность применения азотно-фосфорных подкормок на новых сортах озимого тритикале / И.В. Ляшков, К.Н. Бирюков, А.И. Грабовец [и др.] // Генетика, селекция, агротехника, использование зерна и кормов. Тритикале: матер. междунар. науч.-практич. конф. 4 вып. Ростов-на-Дону, 2010. С. 192–195.
9. Волков В.П., Полуэктов Е.В., Балахонский М.А. Земледелие на Среднем Дону. Новочеркасск, 2004. 187 с.