

Эффективность азотной подкормки озимой пшеницы в технологии без обработки почвы в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья

Н.Н. Шаповалова, зав. лаб., **Е.И. Годунова**, д.с.-х.н., **А.А. Ворopaева**, аспирантка, ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ

Создание и совершенствование современных инновационных агротехнологий ведётся по ряду направлений, среди которых одними из самых

распространённых и приоритетных стали новые подходы к обработке почвы [1, 2]. Производство растениеводческой продукции в технологии прямого посева без обработки почвы (No-till) не является простым отказом от пахоты, а требует новых знаний, специальной техники и строгого

соблюдения основных приёмов возделывания культур. Данная технология базируется на накоплении органического вещества в виде перепревших и полуперепревших пожнивных остатков, которые выполняют важную защитную роль в борьбе против эрозии почвы. При переходе на технологию без обработки почвы (3–5 лет) изменяются условия трансформации растительных остатков, и процесс оборачиваемости азота происходит медленнее, поэтому возникает повышенная потребность культур в азотных удобрениях. Удобрение культур, возделываемых без обработки почвы, имеет свои особенности, обусловленные отсутствием основного способа внесения, небольшой глубиной заделки, повышенной опасностью высокой концентрации питательных веществ при внесении удобрений при посеве в рядки и пониженной эффективностью азотной подкормки из-за слоя растительных остатков.

В анаэробных условиях, создающихся в верхнем слое почвы, снижается скорость минерализации гумуса и усиливаются денитрификационные процессы, вызывающие увеличение газообразных потерь азота. Уменьшение нитрификации может приводить к накоплению аммиака, токсичного для корней растений, в особенности на первых неделях прорастания семян и развития корневой системы растений [3]. При возделывании культур без обработки почвы основное удобрение заменяется припосевным и подкормкой, поэтому оптимизация азотного питания растений в течение вегетации путём подкормок является весьма важным и обязательным агроприёмом [4]. Вместе с тем поверхностное внесение удобрений, содержащих амидную или аммонийную формы азота, также способствует увеличению газообразных потерь аммиака вследствие повышения уреазной активности верхнего слоя почвы [3]. Всё это свидетельствует о важной роли азота в технологии без обработки почвы и необходимости изучения разных способов его внесения. В условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья эффективность азотной подкормки озимой пшеницы в технологии без обработки почвы на фоне рядкового внесения разных видов минеральных удобрений по разным предшественникам исследована мало, поэтому изучение этой проблемы имеет большое практическое значение для увеличения объёмов производства зерна.

Цель исследования – изучение влияния азотной подкормки на урожайность озимой пшеницы, возделываемой в технологии прямого посева без обработки почвы по разным предшественникам в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Материал и методы исследования. Исследование проведено в опыте, заложенном в 2014 г. в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополь-

ского края на экспериментальном поле ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ. Постановка полевого опыта и обобщение результатов исследования выполнены в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова [5].

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднемощный слабогумусированный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Перед закладкой опыта пахотный слой почвы характеризовался следующими значениями агрохимических показателей: рН водной суспензии – 6,6–7,2, содержание гумуса (по Тюрину) – 3,42–3,67 %, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) – 12–22 и 187–240 мг/кг почвы соответственно.

Озимая пшеница возделывалась по технологии без обработки почвы по трём предшественникам – горох, подсолнечник и кукуруза на зерно. Удобрения (аммофос, сульфаммофос, NPK 16:16:16, аммиачная селитра) вносились при посеве (в рядки) и по вегетации культуры (ранневесенняя подкормка аммиачной селитрой методом расщепления делянок). Варианты опыта, отличающиеся по дозам рядкового удобрения и по проведению подкормки (N₅₂), представлены в таблицах. Прямой посев озимой пшеницы сорта Одесская 200 проводился сеялкой «Gimetal» в необработанную почву. В технологии No-till перед посевом озимой пшеницы по гороху применяли гербицид сплошного действия из группы глифосатов. По подсолнечнику и кукурузе он не использовался, поскольку посев пшеницы проводили сразу после уборки этих культур.

Повторность опыта трёхкратная во времени и пространстве. Площадь делянки составляла 132 м². Размещение вариантов опыта было систематическое в двух ярусах. При возобновлении весенней вегетации озимой пшеницы проведено определение в метровом слое почвы запасов продуктивной влаги (ГОСТ 28268-89) и нитратного азота дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу [6], содержание подвижного фосфора и калия в слое 0–20 см по Мачигину (ГОСТ 26205-84).

Учёт урожая осуществляли механизированным способом с помощью малогабаритного комбайна «Сампо-130» с последующим пересчётом на стандартную влажность и чистоту по методике ГСИ (1985). Оценка экспериментальных данных выполнена с помощью методов математической статистики с использованием программы AgCStat-Excel.

Результаты исследования. Эффективность азотной подкормки озимых зерновых культур обуславливается многими факторами, в числе которых при равных почвенно-климатических условиях определяющее значение имеют запасы продуктивной влаги и агрохимическое состояние почвы, зависящие от погодных условий, качества предшественника и дозы рядкового удобрения.

Метеорологические условия в годы проведения исследования (2015–2017 гг.) имели свои характерные особенности. Среднегодовая температура воздуха была близкой к средне-многолетнему значению – 9,6 °С (2017 г.) или превышала его на 0,5–1,6 °С (2015 г. и 2016 г.). Различия в количестве выпавших осадков и их распределении по периодам вегетации озимой пшеницы были более контрастными. Так, в 2015 г. отмечался недобор осадков в 57 мм, а в 2016 г. и 2017 г. – превышение на 78 и 98 мм в сравнении с годовой климатической нормой. Особенностью 2015 г. стали засушливые поздний осенний, зимний и летний периоды (осадки на 29–42 % ниже нормы). В 2016 г. дефицит осадков (50 % от нормы) отмечался лишь при подготовке почвы к посеву и в период сева, а в 2017 г. растения озимой пшеницы практически не испытывали недостатка в атмосферной влаге. В целом по метеорологическим условиям 2015 г. можно охарактеризовать, как год засушливый с тёплой зимой, 2016 г. – влажный с тёплой зимой и 2017 г. – влажный с холодной зимой.

При этом в течение всех трёх лет исследования отмечалось раннее время возобновления вегетации (температура в марте была на 1,0–2,5 °С выше нормы), а также благоприятный температурный режим и достаточное увлажнение в период весеннего развития озимой пшеницы, что, как правило, положительно влияет на эффективность ранневесенней азотной подкормки [7].

При возобновлении вегетации озимой пшеницы весной 2015 и 2016 гг. различий в запасах продуктивной влаги, накопленной за осенне-зимний период в слое 0–100 см почвы, между изучаемыми предшественниками не отмечалось (табл. 1). В количественном выражении они соответствовали грациям удовлетворительные (131,1–132,3 мм) и хорошие (141,1–143,2 мм). Влияние предшествующей культуры на водный режим почвы наблюдалось лишь весной 2017 г. После поздно убираемых культур – кукурузы и подсолнечника, запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см были плохими (52,6–72,9 мм), а после гороха – отличными (174,1 мм). Однако имевший место недостаток влаги во время возобновления вегетации озимой пшеницы впоследствии был полностью компенсирован большим количеством осадков, выпавших в период весеннего

1. Запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см в посеве озимой пшеницы перед проведением азотной подкормки

Предшественник	Продуктивная влага по годам, мм		
	2015	2016	2017
Горох	131,1	143,2	174,1
Подсолнечник	132,3	141,8	52,6
Кукуруза	131,2	141,1	72,9

развития, особенно в мае (102 мм, или 170 % к норме), когда нарастание биомассы растений и потребление питательных элементов из почвы и удобрений проходит наиболее интенсивно. Таким образом, в годы проведения исследования условия влагообеспеченности не ограничивали возможность проведения азотной подкормки озимых культур.

Вместе с влагообеспеченностью посевов другим важным критерием эффективного применения удобрений является агрохимическое состояние почвы.

Многолетние опытные данные и практика сельскохозяйственного производства показывают, что наиболее высокая эффективность азотных удобрений отмечается при сбалансированном обеспечении растений всеми необходимыми элементами питания [8].

В нашем опыте в результате припосевного внесения фосфорсодержащих удобрений обеспеченность слоя 0–20 см почвы подвижным фосфором к началу возобновления весенней вегетации озимой пшеницы возросла относительно контроля по предшественнику горох на 3–7, по подсолнечнику – на 3–9 и по кукурузе – на 2–13 мг/кг и стала соответствовать среднему содержанию – более 16 мг/кг (табл. 2). Таким образом, содержание P₂O₅ в большинстве вариантов превысило уровень, ниже которого, как считают многие исследователи, проведение азотной подкормки малоэффективно [4]. Накопление самого большого количества остаточных фосфатов отмечено при внесении максимальной дозы фосфорсодержащего удобрения (N₂₄P₁₀₄) по предшественникам подсолнечник и кукуруза – 23–25 мг/кг. В этом случае каждые 10 кг действующего вещества рядкового удобрения способствовали увеличению подвижных фосфатов в почве на 0,9–1,3 мг/кг.

Рядковое внесение минеральных удобрений способствовало также улучшению калийного режима почвы. При этом наиболее заметные изменения отмечены при внесении калийсодержащего удобрения. Под его влиянием содержание подвижных форм калия в слое 0–20 см увеличилось относительно контроля по предшественнику горох – на 28–35 мг/кг (14–17 %), по подсолнечнику – на 19–29 мг/кг (9–14 %) и по кукурузе – на 16–23 мг/кг (8–11 %). Во всех вариантах опыта содержание подвижного калия соответствовало средней степени обеспеченности, достаточной для получения положительного эффекта от азотной подкормки.

Научно обоснованным критерием необходимости проведения азотной подкормки является содержание нитратного азота в почве, определяемое путём почвенной диагностики. При этом на количество легкоусвояемого азота большое влияние оказывает предшествующая культура.

2. Содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в слое 0–20 см почвы в зависимости от предшественника и дозы рядкового удобрения перед проведением азотной подкормки, мг/кг (среднее за 2015–2017 гг.)

Доза рядкового удобрения, кг/га д.в.	P_2O_5			K_2O		
	предшественник			предшественник		
	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза
0	12	14	12	207	210	212
$N_{12}P_{52}$	19	18	17	226	224	216
$N_{24}P_{104}$	18	23	25	229	214	222
$N_{52}P_{52}$	16	18	15	237	218	216
$N_{52}P_{52}K_{52}$	19	17	14	235	229	228
$N_{104}P_{52}K_{52}$	15	17	12	242	239	235
N_{52}	14	17	13	227	228	213

Так, в контрольном варианте (без удобрений) по предшественнику горох содержание азота в слое 0–20 см почвы в среднем за три года исследования было выше, чем по пропашным предшественникам (подсолнечник, кукуруза), – на 1,9 и 2,4 мг/кг, а его запасы в слое 0–100 см – на 23,3 и 35,1 кг/га соответственно (табл. 3). Самый неблагоприятный азотный режим складывался при возделывании озимой пшеницы по кукурузе, поэтому в течение всего периода наблюдений в этом случае отзывчивость культуры на дополнительное внесение азота была наиболее высокой.

Существенное влияние на весенние запасы нитратного азота в слое 0–100 см почвы оказали также азотные удобрения, внесённые осенью при посеве культуры. По всем трём изучаемым предшественникам максимальное количество $N-NO_3$ наблюдалось при использовании азотного удобрения отдельно в дозе N_{52} , а также при удвоении этой дозы в составе полного минерального удобрения ($N_{104}P_{52}K_{52}$). В верхнем слое почвы (0–20 см) независимо от предшественника и дозы рядкового удобрения содержание нитратного азота в весенний период было очень низким – в пределах 1,8–5,1 мг/кг. Это связано с большой подвижностью нитратов в почве и вымыванию их осенне-зимними осадками в глубину почвенного профиля. Поэтому более значимым показателем, характеризующим азотный режим почвы в посевах озимых культур в ранневесенний период, являются запасы нитратного азота в метровом слое почвы. По результатам многолетних исследований на чернозёме обыкновенном установлено, что при запасах $N-NO_3$ менее 75 кг/га потребность озимой пшеницы в азотной подкормке, как правило, очень высокая [7]. В нашем опыте зависимость между запасами азота в слое 0–100 см и приростом урожайности от ранневесенней подкормки в значительной степени определялась погодными условиями возделывания культуры. Так, в засушливый год с тёплой зимой (2015 г.) взаимосвязь между этими показателями была достоверной отрицательной и сильной с коэффициентом корреляции – 0,75.

Во влажный год с тёплой зимой также обнаружена достоверная обратная взаимосвязь, но средней силы ($r = 0,48$), а во влажный год с холодной зимой она вовсе отсутствовала.

Это может быть связано с тем, что во влажные годы потребность в азотном удобрении и коэффициент использования из него азота выше, чем в засушливые годы. К тому же в условиях холодной зимы нитрификационные процессы в почве протекают слабо, развитие растений и разложение пожнивных остатков предшествующих культур прекращается, а с приходом тепла и при наличии достаточного количества влаги растения и микроорганизмы, разлагающие растительные остатки, начинают одновременно испытывать большую потребность в легкоусвояемом минеральном азоте, находящемся в поверхностном слое почвы. Главным источником поступления этого азота в данный период становится азотная подкормка.

Действительно, по всем трём предшественникам практически во всех вариантах опыта наиболее существенный прирост урожайности озимой пшеницы от подкормки получен в 2017 г. – в пределах 0,38–1,38 т/га (табл. 4). Таким образом, в условиях холодной зимы и достаточного количества влаги азотная подкормка озимых культур является эффективным агроприёмом независимо от количества нитратного азота в метровом слое почвы. Почвенная диагностика посевов озимой пшеницы для определения потребности в ранневесенней азотной подкормке даёт наиболее объективные результаты в годы с тёплой зимой.

Для совершенствования оценки результатов почвенной диагностики требуется установление более точных корреляционных взаимосвязей между запасами азота в почве и эффективностью азотной подкормки в разных погодных условиях, поэтому данные исследования будут продолжены.

В целом за годы исследований влияние ранневесенней подкормки на урожай озимой пшеницы в технологии без обработки почвы было неоднозначным и не всегда эффективным. Это может быть связано со значительным слоем не-

3. Содержание и запасы нитратного азота в почве в зависимости от предшественника и дозы рядкового удобрения перед проведением азотной подкормки, мг/кг (среднее за 2015–2017 гг.)

Доза рядкового удобрения, кг/га д.в.	Содержание в слое 0–20 см, мг/кг			Запасы в слое 0–100 см, кг/га		
	предшественник			предшественник		
	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза
0	4,8	2,9	2,4	59,0	35,7	23,9
N ₆ P ₂₆	2,3	1,8	2,3	31,9	28,0	28,1
N ₁₂ P ₅₂	2,8	2,4	2,5	52,1	41,2	35,3
N ₂₄ P ₁₀₄	5,1	2,9	3,0	68,0	40,7	34,9
N ₅₂ P ₅₂	4,6	4,1	3,2	69,5	55,2	40,8
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	3,8	3,6	3,5	66,5	53,8	49,9
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	4,7	5,1	5,0	91,9	65,1	73,7
N ₅₂	4,0	4,8	3,5	74,6	71,8	49,8

4. Прирост урожайности озимой пшеницы от ранневесенней азотной подкормки (N₅₂) в зависимости от предшественника и дозы рядкового удобрения, т/га (2015–2017 гг.)

Доза рядкового удобрения, кг/га д.в.	Год								
	2015			2016			2017		
	предшественники								
	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза
0	0,05	0,01	0,90	0,35	0,18	0,37	0,73	0,83	0,38
N ₁₂ P ₅₂	0,01	0,04	0,43	0,66	-0,60	-0,08	0,52	1,38	0,46
N ₂₄ P ₁₀₄	-0,35	0,67	0,54	-0,20	-0,21	0,49	-1,03	0,38	1,07
N ₅₂ P ₅₂	-0,27	0,06	0,47	0,21	0,11	0,06	0,88	0,61	-0,16
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	-0,16	0,11	0,54	-0,33	-0,42	-0,03	-1,65	1,07	0,91
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	-0,91	-0,38	0,35	-0,44	-0,69	-0,49	-0,18	0,18	0,88
N ₅₂	0,11	0,23	0,78	0,22	-0,08	-0,43	0,94	0,59	-0,14
HCP ₀₅	0,39	0,24	0,29	0,19	0,26	0,24	0,28	0,33	0,23

5. Влияние срока применения дозы азотного удобрения на прирост урожайности озимой пшеницы по разным предшественникам на контроле, т/га (2015–2017 гг.)

Срок и доза внесения азотного удобрения, кг/га д.в.	Год								
	2015			2016			2017		
	предшественник								
	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза	горох	подсолнечник	кукуруза
Контроль (без удобрений)*	6,50	4,69	3,05	4,30	4,13	2,54	4,41	3,25	2,08
N ₅₂ при посеве	0,07	0,73	1,32	0,54	0,63	1,03	-0,18	1,81	1,03
N ₅₂ в подкормку	0,05	0,01	0,90	0,35	0,18	0,37	0,73	0,83	0,38
N ₅₂ + N ₅₂ при посеве и в подкормку	0,18	0,96	2,10	0,76	0,55	0,60	0,76	2,40	0,89
HCP ₀₅	1,05	0,66	0,78	0,52	0,73	0,68	0,78	0,92	0,62

Примечание: * урожайность на контроле без рядкового удобрения и подкормки

разложившихся растительных остатков, которые влияли на доступность азота корням растений при поверхностном разбрасывании удобрения. Вместе с тем в вероятности получения положительного отклика озимой пшеницы на азотную подкормку прослеживались определённые тенденции. По нашим наблюдениям эффективность данного приема во многих случаях увеличивалась при рядковом внесении фосфорсодержащего удобрения и снижалась при осеннем применении азота, особенно по зернобобовому предшественнику.

Сравнение эффективности разных сроков и способов применения азотного удобрения, осенью при посеве или весной в подкормку, в преобладающем большинстве случаев по-

казало преимущество осеннего внесения азота (табл. 5). При этом наибольший эффект от применения азотного удобрения был достигнут по пропашным предшественникам кукурузе и подсолнечнику при совмещении обоих способов внесения – 0,96–2,40 т/га, что свидетельствует о высокой роли азота в формировании урожайности озимой пшеницы, возделываемой без обработки почвы.

Выводы. Эффективность азотной подкормки озимой пшеницы в технологии без обработки почвы обуславливалась погодными факторами, предшественником и дозой удобрения, внесённого при посеве культуры, поскольку именно эти факторы определяют влагообеспеченность и

азотный режим в почве в ранневесенний период. Наиболее высокий прирост урожайности озимой пшеницы от подкормки по всем изучаемым предшественникам (в пределах 0,38–1,38 т/га) получен в условиях влажного года с холодной зимой независимо от дозы удобрения, внесённого при посеве культуры. В годы с тёплой зимой эффективность азотной подкормки находилась в прямой отрицательной зависимости от запасов нитратного азота в метровом слое почвы с коэффициентом корреляции 0,48–0,75. Влияние, оказываемое на урожайность озимой пшеницы рядкового применения азотного удобрения, внесённого осенью при посеве культуры, более значимо, чем ранневесенней подкормки. Это связано с большим количеством растительных остатков, требующих для своего разложения улучшения азотного режима почвы уже с первых фаз роста и развития растений.

Литература

1. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, Л.И. Желнакова [и др.]. Ставрополь: Изд-во Ставропольского гос. аграрного ун-та АГРУС, 2013. 520 с.
2. Дридигер В.К., Шаповалова Н.Н. Климатические, почвенные и экономические предпосылки внедрения системы земледелия без обработки почвы в Ставропольском крае // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2014. № 6. С. 58–68.
3. Беляева О.Н. Система No-till и её влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // Земледелие. 2013. № 7. С. 16–18.
4. Система земледелия Краснодарского края. Методические рекомендации. Краснодар, 2009. 268 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп., и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
7. Рекомендации по научно обоснованному уходу за посевами озимой пшеницы для повышения урожайности зерна и его качества / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, И.В. Нешин [и др.] / Ставропольский НИИСХ. Ставрополь, 2014. 32 с.
8. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном // Агрохимия. 2012. № 7. С. 48–56.