

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА УДЕЛЬНЫЙ ВЫНОС И КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

В. Б. ВОРОБЬЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 15.09.2020)

В статье приводятся данные о влиянии уровня ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и азотных подкормок в дозе 30 кг/га, проведенных в конце фазы кущения – начале фазы выхода в трубку и в начале фазы колошения на урожайность зерна и соломы озимой пшеницы, удельный вынос азота и коэффициент его использования из минерального удобрения. Показано, что наибольшую урожайность зерна (7,00 т/га в среднем за 3 года) обеспечило возделывание озимой пшеницы при планируемом ранневесеннем запасе минерального азота в почве 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками в дозах 30 кг/га. При этом же уровне азотного питания отмечен максимальный вынос азота зерном (128,2 кг/га). Наибольший коэффициент использования азота из удобрений (68,5 %) обеспечил вариант с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 180 кг/га с дополнительной азотной подкормкой в конце фазы кущения – начале фазы выхода в трубку. Удельный вынос азота озимой пшеницей зависел от дозы азотного удобрения. Его максимальное значение (27,1 кг/т) было получено при планируемом ранневесеннем запасе минерального азота в 0–60 см слое почвы 200 кг/га и двух дополнительных азотных подкормках. При этом между дозой азотного удобрения и удельным выносом азота выявлена тесная корреляционная связь, которая характеризовалась коэффициентом корреляции равным 0,93 и подчинялась уравнению регрессии $Y = 0,047X + 17,08$.

Ключевые слова: озимая пшеница, ранневесенний запас минерального азота в почве, азотные подкормки, урожайность, удельный вынос азота, коэффициент использования азота из удобрения.

The article provides data on the influence of level of early spring reserve of mineral nitrogen in a 0–60 cm layer of soddy-podzolic light loamy soil and nitrogen fertilization at a dose of 30 kg / ha, carried out at the end of the tillering phase – the beginning of the stemming phase and at the beginning of the earing phase, on the yield of grain and straw of winter wheat, specific removal of nitrogen and the coefficient of its use from mineral fertilizers. It is shown that the highest grain yield (7.00 t/ha on average over 3 years) was provided by the cultivation of winter wheat with a planned early spring reserve of mineral nitrogen in the soil of 180 kg/ha with two additional nitrogen feedings at doses of 30 kg / ha. At the same level of nitrogen nutrition, the maximum removal of nitrogen by grain was noted (128.2 kg / ha). The highest rate of utilization of nitrogen from fertilizers (68.5 %) was provided by the option with planned early spring reserve of mineral nitrogen in the soil of 180 kg/ha with additional nitrogen fertilization at the end of the tillering phase – the beginning of the tube emergence phase. The specific nitrogen removal by winter wheat depended on the nitrogen fertilization dose. Its maximum value (27.1 kg/t) was obtained with the planned early spring reserve of mineral nitrogen in the 0–60 cm soil layer of 200 kg/ha and two additional nitrogen feedings. At the same time, a close correlation was found between the dose of nitrogen fertilizer and the specific removal of nitrogen, which was characterized by a correlation coefficient equal to 0.93, and obeyed the regression equation $Y = 0.047X + 17.08$.

Key words: winter wheat, early spring reserve of mineral nitrogen in the soil, nitrogen fertilization, yield, specific nitrogen removal, coefficient of nitrogen utilization from fertilizer.

Введение

Высокие урожаи озимой пшеницы могут быть получены лишь при полном удовлетворении растением элементами минерального питания, и, прежде всего, азотом. Задачи оптимизации доз и соотношений минеральных удобрений, несмотря на длительный опыт и обилие расчетных методов, не становятся менее актуальными. Напротив, рост цен на материально-технические ресурсы и, как следствие, повышение себестоимости сельскохозяйственной продукции делают эту проблему ещё более острой [5].

По сведениям многих исследователей [2, 3, 4, 5], система применения азотного удобрения под озимую пшеницу, основанная на диагностике и оптимизации азотного питания растений, обеспечивает получение урожая в среднем 60–80 ц/га, способствует повышению содержания белка в зерне. При этом в условиях интенсивного земледелия при определении наиболее оптимальных доз азотного удобрения под конкретные культуры в обязательном порядке необходимо учитывать удельный вынос и коэффициент использования азота из минеральных удобрений. Их усредненные значения определены практически для всех сельскохозяйственных растений. Однако, даже для одной и той же культуры, они колеблются в широких пределах. Это в первую очередь зависит от сроков и доз внесения удобрений, их растворимости в воде, разнообразия условий, которые создаются при выращивании сельскохозяйственных культур, величины урожайности, газообразных и внутрипочвенных потерь, закрепления в почве в труднодоступной для растений форме. Именно поэтому одной из задач наших

исследований было определить, как различные уровни азотного питания озимой пшеницы влияют на удельный вынос и коэффициент использования азота из минерального удобрения.

Основная часть

Исследования проводились в стационарном опыте, заложенном на дерново-подзолистой средне-окультуренной, легкосуглинистой почве, развивающейся на лессовидном суглинке, подстилаемом мореным суглинком с глубины около 1 м с прослойкой песка на контакте. Схема опыта представлена в табл. 1.

Объектом исследований являлась озимая пшеница сорта Капылянка, возделываемая после озимого рапса. Норма высева семян озимой пшеницы – 5 млн шт./га. Общая площадь опыта – 1872,6 м², общая площадь делянки – 20 м², учетная – 12 м². Повторность опыта четырехкратная. В качестве подкормок использовалась аммиачная селитра – NH₄NO₃ (34,5 % N). В качестве минеральных удобрений в основную заправку осенью на всей площади опытного участка вносили аммонизированный суперфосфат (30 % P₂O₅ и 7 % N) и хлористый калий (60 % K₂O).

С помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период в посевах озимой пшеницы было создано пять уровней запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы: 120, 140, 160, 180 и 200 кг/га. На этих уровнях изучалась эффективность первой и второй дополнительных подкормок (каждая в дозе азота 30 кг/га). Контролем служил вариант без азотных подкормок.

Для создания необходимых уровней ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 слое почвы ежегодно в период начала весенней вегетации определяли содержание нитратного и аммонийного азота. Отбор проб почвы производили диагональным способом послойно в трехкратной повторности: для пахотного горизонта почвы – в слое 0–20 см; для подпахотного – 20–40 см и отдельно в слое почвы 40–60 см.

Дозы первой азотной подкормки были рассчитаны по уравнению:

$$D = N - (N_{\text{аммонийный}} + N_{\text{нитратный}}), \text{ кг/га}$$

где: D – доза азотного удобрения, кг/га действующего вещества; N – создаваемый запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га; N_{аммонийный} – запас аммонийного азота в 0–60 см слое почвы, кг/га; N_{нитратный} – запас нитратного азота в 0–60 см слое почвы, кг/га.

Таблица 1. Схема опыта и дозы азотного удобрения, внесенные в подкормки

Внесено удобрений в основную заправку	Планируемые ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг д.в./га	Внесено азота в подкормки, кг д.в./га в среднем за 3 года			
		подкормки			всего
		1	2	3	
N ₁₄ P ₆₀ K ₁₂₀	Естественный (контроль)	–	–	–	–
	120*	45			45
		45	30		75
		45	30	30	105
	140*	65			65
		65	30		95
		65	30	30	125
	160*	85			85
		85	30		115
		85	30	30	145
	180*	105			105
		105	30		135
		105	30	30	165
	200*	125			125
		125	30		155
125		30	30	185	

* – создавались с помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период.

Ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы проводили в период начала весенней вегетации, когда среднесуточная температура воздуха превысила +5 °С. Вторая азотная подкормка проводилась в конце фазы кущения – начале фазы выхода в трубку, третья – в начале фазы колошения. Все полевые работы по обработке почвы, посеву и уходу за растениями были выполнены в оптимальные сроки и в соответствии с агротехническими требованиями для условий Могилевской области. Уход за посевами озимой пшеницы включал обработку в фазу кущения – гербицидом «Марифон», в начале фазы колошения – фунгицидами «Бампер-супер», в фазу колошения – «Рекс Дуо».

В среднем за три года наиболее высокую урожайность зерна (7,00 т/га) обеспечило возделывание озимой пшеницы при планируемом ранневесеннем запасе минерального азота в почве 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками в дозах 30 кг/га (табл. 2). При ранневесеннем запасе

минерального азота 200 кг/га отмечено снижение урожайности зерна, в то время как соломы, наоборот, – увеличение. Наиболее высокая урожайность соломы (в среднем 8,93 т/га) получена при планируемом ранневесеннем запасе минерального азота в почве 200 кг/га и дополнительными азотными подкормками в конце фазы кущения - начале фазы выхода в трубку и в начале фазы колошения. Однако на этом уровне азотного питания стебли озимой пшеницы были более длинными и тонкими, отмечено большее количество непродуктивных стеблей.

В наших исследованиях накопление и содержание азота в зерне озимой пшеницы зависело как от планируемого ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы, так и от дополнительных азотных подкормок. Как и следовало ожидать, меньше всего азота потребляли растения в вариантах без внесения азотного удобрения.

Вследствие этого на контроле при урожайности зерна 3,07 т/га содержание азота в зерне озимой пшеницы составило в среднем 1,63 %. С повышением планируемого ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы и с увеличением количества азотных подкормок прослеживалась тенденция к увеличению накопления и содержания азота в зерне. Так, в вариантах с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 120, 140, 160 и 180 кг/га содержание азота в зерне озимой пшеницы составило, соответственно, в среднем – 1,79; 1,90; 1,94 и 1,99 %.

Таблица 2. Влияние уровня азотного питания на урожайность озимой пшеницы, удельный вынос и коэффициент использования азота из минерального удобрения (в среднем за три года)

Планируемые ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы (Nмин. + Nуд.), кг/га	Внесено азота в подкормки, кг/га	Урожайность, т/га		Содержание азота (% от абсолютно сухого вещества) в		Накоплено азота (кг/га с учетом стандартной влажности) в		Удельный вынос азота, кг/т	Использовано азота из удобрений, %		
		зерна	соломы	зерне	соломе	зерне	соломе		зерном	соломой	зерном и соломой
Естественный (контроль)	–	3,07	3,80	1,63	0,36	43,0	11,8	17,9			
120	N ₄₅	3,75	4,58	1,79	0,39	57,7	15,4	19,5	32,6	8,0	40,7
	N ₄₅ +N ₃₀	4,46	5,38	1,89	0,42	72,5	19,4	20,6	39,3	10,1	49,5
	N ₄₅ +N ₃₀ +N ₃₀	4,95	5,92	1,93	0,45	82,2	22,9	21,2	37,3	10,6	47,9
140	N ₆₅	4,29	5,29	1,90	0,41	70,1	18,7	20,7	41,7	10,6	52,3
	N ₆₅ +N ₃₀	5,14	6,32	1,95	0,46	86,2	25,0	21,6	45,5	13,9	59,4
	N ₆₅ +N ₃₀ +N ₃₀	5,77	6,87	2,06	0,48	102,2	28,4	22,6	47,4	13,3	60,6
160	N ₈₅	4,93	6,01	1,94	0,44	82,3	22,7	21,3	46,2	12,8	59,1
	N ₈₅ +N ₃₀	5,78	7,04	2,01	0,47	99,9	28,5	22,2	49,5	14,5	64,0
	N ₈₅ +N ₃₀ +N ₃₀	6,41	7,60	2,11	0,49	115,8	32,0	23,1	50,2	13,9	64,1
180	N ₁₀₅	5,52	6,63	1,99	0,46	94,5	26,2	21,9	49,0	13,7	62,8
	N ₁₀₅ +N ₃₀	6,42	7,68	2,07	0,50	114,3	33,0	22,9	52,8	15,7	68,5
	N ₁₀₅ +N ₃₀ +N ₃₀	7,00	8,32	2,13	0,53	128,2	37,9	23,7	51,6	15,8	67,5
200	N ₁₂₅	4,80	7,16	2,05	0,49	84,6	30,2	23,9	33,3	14,7	48,0
	N ₁₂₅ +N ₃₀	5,17	8,26	2,13	0,53	94,7	37,6	25,6	33,3	16,6	50,1
	N ₁₂₅ +N ₃₀ +N ₃₀	5,38	8,93	2,22	0,56	102,7	43,0	27,1	32,3	16,9	49,1
НСР ₀₅		0,13	0,24	0,10	0,03						

В целом после первой ранневесенней азотной подкормки содержание азота в зерне озимой пшеницы превысило контроль на 10, 17, 19, 22 и 26 %, соответственно изучаемым уровням азотного питания. Несколько меньшая прибавка была получена после второй и третьей азотных подкормок. Вторая подкормка увеличила содержание данного элемента в зерне по сравнению с первой ранневесенней соответственно на 6, 3, 7, 4 и 4 %, а третья – дополнительно на 2, 6, 5, 3 и 4 %.

Содержание азота в зерне достигло наибольшего показателя в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 200 кг/га с двумя (II-й и III-й) подкормками азотным удобрением – 2,22 % при урожайности зерна – 5,38 т/га. Это оказалось на 56 % выше, чем содержание азота в зерне в контрольном варианте.

Накопление азота в соломе озимой пшеницы несколько отличалось от накопления этого элемента в зерне. При этом не наблюдалось снижение урожайности соломы на уровне азотного питания

200 кг/га, а наоборот, с каждой дополнительной азотной подкормкой увеличивалась и урожайность соломы, вместе с урожайностью увеличивалось и содержание азота в соломе. Так, содержание азота в соломе в условиях опыта достигло максимального значения в вариантах с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 200 кг/га с двумя (II-й и III-й) подкормками азотным удобрением и составило в среднем – 0,56 % при урожайности соломы в 8,93 т/га. Вторая азотная подкормка увеличила содержание азота в соломе дополнительно к первой ранневесенней на 8, 12, 7, 8 и 8 %, третья – на 7, 4, 4, 6 и 6 %, соответственно изучаемым уровням азотного питания.

На каждом уровне планируемого ранневесеннего азотного питания наибольший вынос азота наблюдался в вариантах с двумя (II-й и III-й) азотными подкормками.

Так, в контрольном варианте общий вынос азота урожаем основной и побочной продукции озимой пшеницы составил в среднем 54,8 кг/га. В то время как на уровнях азотного питания 120, 140, 160 и 180 кг/га значение данного показателя было выше, соответственно, на 33, 62, 92 и 120 % и составило в среднем 73,1; 88,8; 105,0 и 120,7 кг/га. Две дополнительные подкормки азотным удобрением также способствовали увеличению выноса азота урожаем озимой пшеницы. Так, вторая азотная подкормка по сравнению с первой ранневесенней подкормкой увеличила общий вынос азота на 26, 25, 22 и 22 % (91,9; 111,2; 128,4 и 147,3 кг/га), а третья по сравнению со второй – на 14, 17, 15 и 13 % (105,1; 130,6; 147,8 и 166,1 кг/га).

Максимальный вынос азота зерном озимой пшеницы был в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 180 кг/га с двумя (II-й и III-й) азотными подкормками – 128,2 кг/га, в то время как для соломы данный показатель составил 43,0 кг/га на уровне азотного питания 200 кг/га также с двумя (II-й и III-й) азотными подкормками.

Удельный вынос азота с урожаем озимой пшеницы также зависел от дозы азотного удобрения. При этом между дозой азотного удобрения и удельным выносом азота была выявлена тесная корреляционная связь, которая характеризовалась коэффициентом корреляции равным 0,93 и подчинялась уравнению регрессии $Y = 0,047X + 17,08$. Анализ этого уравнения показал, что увеличение дозы азотного удобрения на 10 кг/га сопровождается увеличением удельного выноса азота на 0,47 кг/т. Принимая во внимание коэффициент детерминации ($r^2 = 0,87$) можно заключить, что около 87 % всех изменений удельного выноса этого элемента были обусловлены изменениями дозы азотного удобрения.

Известно, что коэффициент использования питательных веществ из удобрений (КИУ) показывает долю их потребления растениями от общего количества, вносимого с удобрением элемента питания на создание прироста урожая. В зонах с достаточным увлажнением КИУ варьирует в пределах 40–70 % [1].

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений (%) были рассчитаны по приведенной формуле [1]:

$$K_u = [(V_y - V_o) / D_u] 100,$$

где K_u – коэффициент использования элементов питания из удобрений, %; V_y – вынос элемента питания с урожаем на удобренном участке, кг/га; V_o – вынос элемента с урожаем на участке без удобрения, кг/га; D_u – количество элемента питания, внесенное с удобрением, кг/га.

Наибольшее использование азота из удобрений зерном и соломой озимой пшеницы (в основном за счет потребления азота зерном – 52,8 %) отмечено в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 180 кг/га с одной (II-й) подкормкой азотным удобрением – в среднем 68,5 %.

Следует отметить, что при превышении планируемого ранневесеннего запаса минерального азота в почве 180 кг/га произошло снижение использования азота из удобрений зерном и увеличения соломой.

Заключение

1. Максимальный вынос азота зерном (128,2 кг/га) был получен в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га с двумя (II-й и III-й) азотными подкормками. С соломой (43,0 кг/га) – при уровне ранневесеннего минерального азота 200 кг/га с двумя (II-й и III-й) азотными подкормками.

2. Наибольший коэффициент использования азота из удобрений (68,5 %) обеспечил вариант с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 180 кг/га с одной дополнительной (II-й) подкормкой азотным удобрением.

3. Удельный вынос азота озимой пшеницей зависел от дозы азотного удобрения. При этом между дозой азотного удобрения и удельным выносом азота выявлена тесная корреляционная связь, которая

характеризовалась коэффициентом корреляции равным 0,93 и подчинялась уравнению регрессии $Y = 0,047X + 17,08$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
2. Воробьева, Е. П. Влияние дробного внесения азотных удобрений на качество зерна озимой пшеницы / Е. П. Воробьева // Эффективность удобрений и плодородие почвы: сб. науч. тр. – Горки, 1997. – С. 59–64.
3. Иванова, Т. И. Зависимость урожая озимой пшеницы от условий минерального питания при интенсивном применении удобрений в севообороте на дерново-подзолистой почве / Т. И. Иванова // Труды / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т удобр. и агропочвовед. им. Д. Н. Прянишникова. – 1983. – Вып. 63. – С. 24–37.
4. Кандыба, Я. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений / Я. А. Кандыба, Д. И. Самусик, В. С. Петров // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Гродно, 2006. – Т.1. – С. 432–435.
5. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, Н. В. Невмержицкий – Минск.: Бе лорус. изд. Тов-во «Хата». – 1997. – 196 с.