

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В. Б. ВОРОБЬЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: twins50@mail.ru

(Поступила в редакцию 09.04.2020)

В статье приведены результаты изучения влияния различных уровней азотного питания на урожайность зерна озимой пшеницы и баланс азота, фосфора и калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В опыте на фоне $N_{14}P_{60}K_{120}$, внесенных в основную заправку с помощью первой азотной подкормки, создавалось пять уровней ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы: 120, 140, 160, 180 и 200 кг/га. Контролем служил вариант без азотных подкормок. На этих уровнях изучалась эффективность дополнительного внесения 30 кг/га азота в конце фазы кущения–начале выхода в трубку и в начале фазы колошения.

Наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы (в среднем за 3 года 7,00 т/га) получена в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га и двумя дополнительными азотными подкормками. На этом же фоне удовлетворительную интенсивность хозяйственного баланса азота (более 100 %) в почве обеспечила суммарная доза азотного удобрения не менее 120 кг/га. По мере увеличения доз азота и роста урожайности озимой пшеницы интенсивность хозяйственного баланса фосфора и калия снижалась. При этом внесение 60 кг/га P_2O_5 полностью восполняло потери фосфора из почвы при дозе азота менее 110 кг/га, а внесение 120 кг/га K_2O восполняло потери калия из почвы при дозе азота до 140 кг/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность зерна, дозы азота, баланс элементов питания.

The article presents results of studying the influence of various levels of nitrogen nutrition on the yield of winter wheat grain and the balance of nitrogen, phosphorus and potassium in sod-podzolic light loamy soil. In the experiment, against the background of $N_{14}P_{60}K_{120}$, introduced into the main dressing with the help of the first nitrogen top dressing, five levels of early-spring supply of mineral nitrogen in the 0–60 cm soil layer were created: 120, 140, 160, 180 and 200 kg / ha. The control variant was that without nitrogen top dressing. At these levels, the effectiveness of an additional application of 30 kg / ha of nitrogen was studied at the end of tillering phase - the beginning of stem elongation and at the beginning of the earing phase.

The highest yield of winter wheat grain (an average of 7.00 t / ha over 3 years) was obtained in the variant with the planned early-spring mineral reserve in 0–60 cm soil layer of 180 kg / ha and two additional nitrogen fertilizations. Against this background, a satisfactory intensity of economic balance of nitrogen (more than 100%) in the soil provided a total dose of nitrogen fertilizer of at least 120 kg / ha. As nitrogen doses increased and winter wheat productivity increased, the intensity of economic balance of phosphorus and potassium decreased. In this case, the application of 60 kg / ha of P_2O_5 completely compensated for the loss of phosphorus from the soil at a nitrogen dose of less than 110 kg / ha, and the application of 120 kg / ha of K_2O made up for the loss of potassium from the soil at a nitrogen dose of up to 140 kg / ha.

Key words: winter wheat, grain yield, nitrogen doses, nutrition balance.

Введение

Важным критерием оценки эффективности применения удобрений является баланс элементов питания в почве. В зависимости от поставленных задач он рассчитывается за ротацию севооборота или за период возделывания отдельной культуры. С его помощью можно сравнить вынос элементов питания из почвы и его компенсацию за счет минеральных и органических удобрений, а также сделать объективные выводы об интенсивности воспроизводства почвенного плодородия. Если потери элементов питания в результате выноса с урожаем не компенсируются удобрениями, то происходит постепенное истощение почвы и человек начинает жить за счет будущего поколения. Для сохранения плодородия почвы, все отчуждаемые из нее элементы питания необходимо вернуть.

При возделывании озимых зерновых культур, большое значение приобрели почвенная и растительная азотные диагностики, которые позволяют более точно регулировать азотное питание растений в их жизненно важные фазы развития. В научной литературе достаточно много сведений об оптимальном уровне азотного питания озимых культур в весенний период. Все они говорят о том, что в зависимости от почвенно-климатических условий и особенностей предшествующей культуры оптимальное содержание минерального азота в 0–60 см слое почвы должно быть в пределах 120–160 кг/га [5, 6, 11].

В Беларуси оптимизацией азотного питания зерновых занимались Е. П. Воробьева [4], Н. Н. Семененко [7, 8, 9, 10] и И. И. Берестов [1, 2, 3]. В частности ими установлено, что с повышением уровня обеспеченности почв доступным для растений азотом доля участия азота удобрений в общем выносе азота урожаем закономерно снижается. Установлены также тесные функциональные зависимости уровня урожайности зерновых культур и качества продукции от содержания азота в почве.

В настоящее время учеными разработаны рекомендации и нормативные показатели для определения приходной и расходной статей баланса элементов питания. И если приходная статья определяется в первую очередь дозами минеральных и органических удобрений, внесенными под культуру, то расходная зависит от гораздо большего количества факторов. Например, от особенностей возделываемых культур, их урожайности, погодных и почвенных условий, соотношения элементов питания, внесенных с удобрениями и др. В каждом конкретном случае баланс элементов питания в почве требует уточнения, что позволяет более точно рассчитывать дозы удобрений под планируемую урожайность, существенно повышать эффективность растениеводства. Это особенно актуально на фоне интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающих повышенное применение азота. Требуется так же дополнительное изучение роли различных доз азота в изменении расходной статьи баланса фосфора и калия в почве.

Именно поэтому целью наших исследований было определить, как азотные подкормки озимой пшеницы при разном ранневесеннем запасе минерального азота в почве влияют на интенсивность баланс элементов питания в почве.

Основная часть

Исследования проводились в 2010–2012 гг. в стационарном опыте, заложенном на территории учебно-опытного хозяйства УО БГСХА. 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).

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 послонно 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. В целом к началу весенней вегетации озимой пшеницы суммарные запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы находились в пределах от 48,29 до 95,20 кг/га. Запас аммонийного азота колебался от 9,31 до 22,10 кг/га, нитратного – от 28,89 до 85,90 кг/га.

Дозы первой азотной подкормки были рассчитаны по уравнению:

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

где: Д – 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.

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 д.в.). Контролем служил вариант без азотных подкормок. Схема опыта представлена в табл. 1.

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 после окончания поверхностного и внутрипочвенного стока избыточной влаги. В это время растения начали активно вегетировать, а среднесуточная температура воздуха превысила +5 °С.

Вторая азотная подкормка проводилась в конце фазы кущения – начале фазы выхода в трубку, перед появлением над землей первого узла.

Третья азотная подкормка проводилась 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 «Марафон», в начале фазы колошения – фунгицидами «Бампер-супер», в фазу колошения – «Рекс Дуо».

Почва опытных участков: дерново-подзолистая, окультуренная, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом мореным суглинком с глубины около 1 м с прослойкой песка на контакте.

Пахотный горизонт опытных участков содержал от 1,74 до 2,56 % гумуса, имел близкую к нейтральной реакцию среды. Содержание подвижных соединений фосфора находилось в пределах от 151 до 181, калия – от 100 до 166 мг/кг. Индекс окультуренности находился в пределах от 0,65 до 0,72, что позволило отнести исследуемые участки к средне окультуренным.

Урожайность зерна в нашем опыте в среднем за три года находилась в пределах от 3,07 до 7,00 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние азотных подкормок на урожайность и содержание элементов питания в зерне и соломе озимой пшеницы, возделываемой при разных уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в почве (в среднем за 3 года)

Планируемые ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га	Азотные подкормки	Урожайность, т/га		Содержание, %					
		зерна	соломы	в зерне			в соломе		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Естественный (контроль)	–	3,07	3,80	1,63	0,666	0,445	0,36	0,123	0,609
120*	N ₄₅	3,75	4,58	1,79	0,685	0,427	0,39	0,126	0,630
	N ₄₅ + N ₃₀	4,46	5,38	1,89	0,640	0,426	0,42	0,129	0,702
	N ₄₅ + N ₃₀ + N ₃₀	4,95	5,92	1,93	0,643	0,433	0,45	0,140	0,680
140*	N ₆₅	4,29	5,29	1,90	0,679	0,487	0,41	0,132	0,655
	N ₆₅ + N ₃₀	5,14	6,32	1,95	0,667	0,427	0,46	0,148	0,709
	N ₆₅ + N ₃₀ + N ₃₀	5,77	6,87	2,06	0,681	0,475	0,48	0,143	0,762
160*	N ₈₅	4,93	6,01	1,94	0,658	0,475	0,44	0,142	0,785
	N ₈₅ + N ₃₀	5,78	7,04	2,01	0,661	0,447	0,47	0,143	0,680
	N ₈₅ + N ₃₀ + N ₃₀	6,41	7,60	2,11	0,645	0,484	0,49	0,158	0,783
180*	N ₁₀₅	5,52	6,63	1,99	0,656	0,439	0,46	0,136	0,778
	N ₁₀₅ + N ₃₀	6,42	7,68	2,07	0,657	0,429	0,50	0,153	0,772
	N ₁₀₅ + N ₃₀ + N ₃₀	7,00	8,32	2,13	0,670	0,463	0,53	0,149	0,748
200 *	N ₁₂₅	4,80	7,16	2,05	0,692	0,439	0,49	0,161	0,809
	N ₁₂₅ + N ₃₀	5,17	8,26	2,13	0,704	0,463	0,53	0,165	0,836
	N ₁₂₅ + N ₃₀ + N ₃₀	5,38	8,93	2,22	0,703	0,418	0,56	0,156	0,793
НСП ₀₅		0,13	0,24						

*– создавались с помощью первой азотной подкормки.

Наиболее высокое значение данного показателя было получено в вариантах с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы в 180 кг/га. При таком уровне ранневесеннего азотного питания без применения второй и третьей азотных подкормок урожайность зерна за годы исследований составила в среднем 5,52 т/га, что оказалось на 2,45 т/га больше, чем в контрольном варианте и соответственно на 1,77, 1,23, 0,59 т/га больше аналогичных вариантов с ранневесенним запасом минерального азота в 120, 140 и 160 кг/га. Повышение уровня ранневесеннего запаса минерального азота в почве до 200 кг/га привело к существенному снижению урожайности, что в первую очередь объясняется усиленным кущением растений, а в последующем повышенной редукцией стеблей из-за недостатка элементов питания для их полноценного развития.

На первых четырех изучаемых уровнях ранневесеннего азотного питания вторая азотная подкормка, обеспечила дополнительную прибавку урожайности зерна в пределах от 0,71–0,90 т/га. Во все годы исследований эта прибавка оказалась наибольшей при ранневесеннем запасе минерального азота в почве 180 кг/га. На делянках с ранневесенним запасом минерального азота 200 кг/га значение данного показателя оказалось значительно меньше и составило в среднем 0,37 т/га.

За счет азотной подкормки в начале фазы колошения в среднем за 3 года урожайность зерна увеличилась на 0,49, 0,63, 0,63, 0,58 и 0,21 т/га соответственно планируемому уровню ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 слое почвы.

В конечном итоге применение двух дополнительных азотных подкормок, проведенных в конце фазы кушения–начале фазы выхода в трубку и в начале фазы колошения на всех уровнях ранневесеннего азотного питания обеспечило более высокую урожайность зерна. При этом максимальное значение данного показателя (7,00 т/га) было отмечено в варианте с планиваемым уровнем ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 слое почвы 180 кг/га.

В среднем за годы исследований урожайность соломы находилась в пределах от 3,80 до 8,93 т/га. Она существенно возрастала по мере увеличения дозы первой азотной подкормки и была максимальной на делянках с ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 200 кг/га. В целом можно отметить, что на первых четырех уровнях ранневесеннего азотного питания вторая и третья азотные подкормки способствовали в большей степени увеличению урожайности зерна, а при уровне ранневесеннего азотного питания 200 кг/га, наоборот, вегетативной массы. При таком уровне ранневесеннего азотного питания солома оказалась более длинной и тонкой, было отмечено большее количество непродуктивных стеблей.

Максимальный вынос азота с урожаем озимой пшеницы был отмечен в варианте с ранневесенним запасом минерального азота 180 кг/га и двумя дополнительными азотными подкормками (табл. 3). По сравнению с этим вариантом при уровне ранневесеннего азотного питания 200 кг/га и двумя дополнительными азотными подкормками вынос азота с урожаем озимой пшеницы снизился в среднем на 6,86 %.

Таблица 3. Влияние азотных подкормок на баланс элементов питания в посевах озимой пшеницы, возделываемой при разных уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в почве (в среднем за 3 года)

Планируемые ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га	Азотные подкормки	Вынос с урожаем, кг/га			Интенсивность хозяйственного баланса, %			Эффективный баланс, ± кг/га		Компенсация затрат элементов питания почвы минеральными удобрениями, кг/га	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Естественный (контроль)	–	54,8	21,6	24,9	50,4	277,8	307,9	-2,4	-5,7	17,6	34,2
120*	N ₄₅	73,1	27,1	30,0	86,0	221,4	264,9	-7,9	-10,8	12,1	29,1
	N ₄₅ + N ₃₀	91,9	30,5	38,1	97,6	196,7	219,7	-11,3	-18,9	8,7	21,0
	N ₄₅ + N ₃₀ + N ₃₀	105,1	34,5	41,8	110,5	173,9	205,2	-15,3	-22,6	4,7	17,3
140*	N ₆₅	88,8	31,1	41,6	91,6	192,9	223,6	-11,9	-22,4	8,1	17,5
	N ₆₅ + N ₃₀	111,2	37,5	46,6	98,4	160,0	192,2	-18,3	-27,4	1,7	12,5
	N ₆₅ + N ₃₀ + N ₃₀	130,6	42,2	52,9	105,3	142,2	165,2	-23,0	-33,7	-3,0	6,2
160*	N ₈₅	105,0	35,2	46,4	95,5	170,5	183,3	-16,0	-27,2	4,0	12,7
	N ₈₅ + N ₃₀	128,4	41,5	50,1	100,4	144,6	176,7	-22,3	-30,9	-2,3	9,0
	N ₈₅ + N ₃₀ + N ₃₀	148,3	45,9	61,1	106,1	130,7	148,0	-26,7	-41,9	-6,7	-2,0
180*	N ₁₀₅	120,7	38,9	50,6	98,9	154,2	172,6	-19,7	-31,4	0,3	8,5
	N ₁₀₅ + N ₃₀	147,3	46,4	56,2	101,0	129,3	153,5	-27,2	-37,0	-7,2	2,9
	N ₁₀₅ + N ₃₀ + N ₃₀	166,1	51,0	68,2	106,7	117,6	142,3	-31,8	-49,0	-11,8	-9,1
200 *	N ₁₂₅	114,8	38,5	48,6	117,0	155,8	166,7	-19,3	-29,4	0,7	10,5
	N ₁₂₅ + N ₃₀	132,4	43,0	61,4	122,9	139,5	144,7	-23,8	-42,2	-3,8	-2,3
	N ₁₂₅ + N ₃₀ + N ₃₀	145,7	44,5	60,3	130,8	134,8	144,3	-25,3	-41,1	-5,3	-1,2

*– создавались с помощью первой азотной подкормки.

В среднем за годы исследований наименьшее количество фосфора было вынесено из почвы в контрольном варианте (21,6 кг/га). С повышением уровня ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы до 120, 140, 160 и 180 кг/га вынос фосфора увеличился и составил соответственно до 27,1; 31,1; 35,2 и 38,9 кг/га. Вторая азотная подкормка увеличила значение данного показателя на 12,5, 20,6, 17,9 и 19,3 %, третья – дополнительно на 13,1, 12,5, 10,6 и 9,9 % соответственно.

В нашем опыте, вынос фосфора с урожаем основной продукции озимой пшеницы был в среднем в 3,6 раза больше, чем с урожаем побочной. Вместе с тем, при повышении дозы азотного удобрения, была отмечена тенденция к уменьшению доли фосфора аккумулированного в зерне и его увеличению в соломе.

Содержание калия в растениях почти не зависело от созданного уровня ранневесеннего запаса минерального азота в почве и количества дополнительных азотных подкормок, однако вынос калия с зерном и соломой был определен урожайностью озимой пшеницы.

Между дозой азотных удобрений и интенсивностью хозяйственного баланса азота, фосфора и калия в посевах озимой пшеницы были выявлены тесные корреляционные связи. Характеризующие их

линии тренда отличались полиномиальным характером и подчинялись уравнениям второй степени соответственно для азота, фосфора и калия: $Y=-0,0013X^2+0,6143X+47,742$; $Y=0,0041X^2-1,7141X+304,61$ и $Y=0,0036 X^2-1,7414X+338,99$ при коэффициентах аппроксимации (R^2) от 0,84 до 0,96. Анализ этих уравнений показывает, что удовлетворительную интенсивность хозяйственного баланса азота в посевах озимой пшеницы обеспечила суммарная доза азотного удобрения не менее 120 кг д.в./га. При этом увеличение дозы азотного удобрения на каждые 10 кг сопровождается повышением интенсивности хозяйственного баланса азота в среднем на 3,5 % и снижением интенсивности хозяйственного баланса фосфора и калия соответственно на 8,9 и 10,2 %. Последнее в первую очередь объясняется более высоким урожаем, а соответственно и гораздо большим использованием подвижных соединений фосфора и калия из почвы.

Эффективный баланс фосфора и калия нами определялся с учетом коэффициентов использования питательных веществ из удобрения. На основании полученных данных были рассчитаны показатели, характеризующие компенсацию затрат элементов питания почвы минеральными удобрениями. Анализ трендовых моделей данного показателя при разных дозах азотного удобрения (табл. 4) показывает, что доза фосфора 60 кг/га полностью восполняет потери фосфора из почвы лишь при дозе азота менее 110 кг/га. При этом внесение в основную заправку калийного удобрения в дозе 120 кг/га восполняло потери калия из почвы при дозе азота до 140 кг/га.

Таблица 4. Трендовые модели компенсации затрат элементов питания почвы (У, кг/га) минеральными удобрениями в посевах озимой пшеницы в зависимости от доз азота (Х, кг/га)

Элементы питания	Уравнения линий тренда	R^2	Компенсация затрат элементов питания почвы минеральными удобрениями (кг/га) при дозах азота кг/га													
			20	40	60	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
P_2O_5	$Y=0,0004X^2-0,248X+22,224$	0,90	17,4	12,9	8,8	4,9	3,1	1,4	-0,2	-1,8	-3,3	-4,7	-6,0	-7,2	-8,4	-9,5
K_2O	$Y=-0,2695X+39,117$	0,93	33,7	28,3	22,9	17,6	14,9	12,2	9,5	6,8	4,1	1,4	-1,3	-4,0	-6,7	-9,4

Заключение

На фоне $N_{14}P_{60}K_{120}$, внесенных в основную заправку, наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы (в среднем за 3 года 7,00 т/га) получена в варианте с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га и дополнительными азотными подкормками в дозе 30 кг/га в конце фазы кущения - начале выхода в трубку и в начале фазы колошения.

На этом же фоне удовлетворительную интенсивность хозяйственного баланса азота (более 100 %) в почве обеспечивает суммарная доза азотного удобрения не менее 120 кг/га. По мере увеличения доз азота и возрастания урожайности озимой пшеницы интенсивность хозяйственного баланса фосфора и калия снижается. При этом внесение 60 кг/га P_2O_5 полностью восполняет потери фосфора из почвы при дозе азота менее 110 кг/га, а внесение 120 кг/га K_2O восполняет потери калия из почвы при дозе азота до 140 кг/га. Это указывает на необходимость корректировки доз фосфорно-калийных удобрений в сторону увеличения при повышенном применении азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестов, И. И. Эффективность азотных удобрений в звене севооборота с бобовыми культурами / И. И. Берестов, В. А. Столепченко, В. А. Березина // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2004. – Вып. 40. – С. 47–54.
2. Берестов, И. И. Азотные удобрения и обеспеченность зерна протеином / И. И. Берестов, В. А. Столепченко // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства: материалы Междунар. науч. конф., г. Жодино, 18–20 февр. 1998г. / редкол.: В. В. Шлапунов [и др.]. – Жодино, 1998. – Т. 1. – С. 159–163.
3. Берестов, И. И. Удельный вынос элементов питания зерновыми культурами в зависимости от доз удобрений и уровня урожайности / И. И. Берестов // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2005. – Вып. 41. – С. 72–78.
4. 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.
5. Гамзиков, Г. П. Баланс и превращение азота удобрений / Г. П. Гамзиков, Т. И. Костин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 160 с.
6. Крупкин, П. И. Создание оптимального уровня азота в почве для питания растений в Сибири / П. И. Крупкин, А. И. Южаков // Агрохимия. – 1986. – №5. – С. 9–12.
7. Семененко, Н. Н. Агроэкологическая и экономическая эффективность адаптивной системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко // Агроэкономика. – 2004. – № 6. – С. 24–26.
8. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, Н. В. Невмержицкий. – Минск.: Белорус. изд. Тов-во «Хата». – 1997. – 196 с.
9. Семененко, Н. Н. Влияние способов применения азотных удобрений на формирование элементов продуктивности и урожайности зерновых культур на эродированных почвах / Н. Н. Семененко, И. М. Почичкая // Весці акад. аграр. навук Рэсп. Беларусь. – 2001. – № 4. – С. 42–47.
10. Семененко, Н. Н. Прогрессивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко. – Минск: Белорус. изд. Тов-во «Хата», 2003. – 162 с.
11. Шафран, С. А. О потребности зерновых культур в удобрениях / С. А. Шафран, Ю. И. Кочергин // Химия в сел. хоз-ве. – 1987. – № 1. – С. 13–15.