

УДК 633.11

УДОБРЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ В ВЕРХНЕВОЛЖЬЕ

Г.Н. Ненайденко

Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.К.Беляева

На основании многолетних экспериментальных сведений, показано действие удобрений на качественные признаки зерна озимой и яровой пшеницы в областях Верхней Волги. Показано, что они варьируют в зависимости не только от погоды, но и агротехнологий, в том числе внесения различных доз и сочетания минеральных удобрений. На физические свойства (массу 1000 и объёмную массу, стекловидность зерен), химические показатели (содержание белка, его состав, выход клейковины и её свойств и др.) в равной степени влияют аммиачная селитра и мочевина в повышенных дозах и при дробных подкормках. Наличие в областях региона осадков в период колошения – цветения позволяет подкармливать пшеницу сухими азотными удобрениями. Это будет способствовать производству зерна улучшенных товарных свойств и снизить зависимость в завозе его извне.

Ключевые слова: производство пшеницы, удобрение, разовые и дробные подкормки, качество зерна, агроклиматические условия Верхневолжья.

Введение. В структуре посевов сельхозпредприятий Верхневолжского региона под зерновые культуры обычно отводится до 30% площадей, а в зерновом клине мягкая пшеница занимает почти половину посевов. По нашим обобщениям, в последние годы озимая пшеница урожайнее (на 2,0-3,5 ц/га) яровой. Поэтому посевные площади под озимой формой примерно в 1,5 раза больше, чем под яровой. Но обе биологические формы пшеницы взаимно дополняют по потребности региона в зерне. Для каждого хозяйства важно иметь свое зерно при минимуме завоза его извне. Зерно озимой и яровой пшеницы используется как продовольствие, и служит одним из видов кормов для скота и птицы. В зависимости от качественных признаков определяют пищевое (кормовое) достоинство и биологическую ценность. Более того – некачественное зерно не позволяет вырабатывать хорошие хлебные изделия, макарон и крупы. Низкокачественные зерноконцентраты, моноорма, зеленые и сухие (сено) на основе зерно – смесей с однолетними травами, горохом, овсом увеличивают общий расход кормов на единицу привесов скота и птицы, надои молока. Перерасход кормов негативно

сказывается на экономике животноводства. В рыночных условиях иметь плохое продовольствие или зернофураж – путь к убыткам. У нас, в областях Верхней Волги, производить зерно хорошего качества непросто – не позволяют почвенные и климатические условия. К тому же большая часть сельхозпредприятий специализируется на ведении молочного и мясного скотоводства, для чего необходимо наиболее полное обеспечение животных собственными кормами. Производство зерна дело второстепенное. Поэтому многие хозяйства предпочитают использовать завозимое из других регионов зерно. Собственно, на душу населения в среднем выращивается не более 100 кг зерна в год (хотя во Владимирской области в последние годы превышен удвоенный показатель). Поэтому приходится завозить определенные объёмы пшеничного зерна из южных областей страны. Интенсивные методы хозяйствования – освоение современных технологий при выращивании местных сортов зерновых культур, включая нейтрализацию кислотности и оптимизацию питания, во многом определяют успехи получения зерна улучшенных ингредиентов [1–3].

Качественные физические, химические и прочие показатели пшеницы разнообразны и взаимосвязаны. В то же время экспериментальные сведения по Верхневолжью, включая действие удобрений, довольно ограничены.

Качество зерна – это совокупность свойств и признаков, определяющих пригодность использования в различных целях: на семена, для продовольствия или фураж, для технических переработок – для выработки макарон, круп, спирта. Они должны соответствовать тем регламентам (ГОСТ, ТУ), которые предусматривают соответствующие направления использования зернопродукции. Однако свойства зерна определены генетическими и сортовыми особенностями культур, хотя они несколько варьируют с учетом комплекса внешних факторов – главным образом погоды, технологий выращивания, включая системы удобрения [2–4].

Если завершен процесс формирования, налива и созревания зерна, оно бывает крупным, полновесным, со свойственным культуре (сорт) формой и цветом. Неудовлетворительные условия произрастания – недостаток влаги, пищи, угнетенность сорняками, поражения растения болезнями, вредителями, при суховеях и засухе, «стекание» ведут к получению мелкого, морщинистого зерна. Но в любые благоприятные или малоурожайные годы агроном – технолог стремится производить полноценное зерно для продуктов переработки его на продовольственные и кормовые цели. Качество мелкого, щуплого зерна ниже обычного, развитого [2, 3]. И хотя качественные показатели их зависят от многих факторов, в нашей работе внимание направлено на результативность действия удобрений.

Методика. Полевые опыты проводили на опытных полях Ивановской ГСХА и Владимирского НИИСХ, в производственных условиях базовых сель-

хозпредприятий Ивановской и Владимирской областей на среднеокультуренных дерново–подзолистой и серой лесной почвах Ополя. Районированные сорта возделывали по общепринятым технологиям. Удобрения N_{AA} – аммиачную селитру, N_M – мочевины, двойной суперфосфат и хлористый калий вносим до посева, а азотные еще и в подкормки вносили вручную в дозах, предусмотренных в опытах. Повторности вариантов 3–4 кратные, площади делянок – 80–100 кв. м.

Погодные условия в различные годы заметно различались, но многолетние обобщения нивелировали результаты.

В физиологически зрелом зерне определяли [5]: общий азот по Кьельдалю – ГОСТ 13496–93, фосфор и калий – ГОСТ 26657–97 и ГОСТ 30504–97, стекловидность – ГОСТ 10987–56, клейковину – по ГОСТ 9353–90, нитраты – ГОСТ 13496–93; фракции белка – по А.А. Собачкину [6], седиментацию муки – по А.Я. Пумпянскому. В отдельных опытах проведена стандартная выпечка хлеба.

Результаты и обсуждение.

1. Урожайность зерна. В нашем регионе урожайность определяют, в общем, агрохимические свойства почв – один из главных признаков плодородия [1,3,8]. Оптимальные параметры позволяют рассчитывать на получение урожайности, например, озимой пшеницы при предлагаемых базовых технологиях не менее 4,5–5,5 т/га зерна [13].

Наши обобщения за 4 года опытов по каждому агрохимическому параметру дали такие сведения: сдвиг реакции среды с 4,8 до 5,5 рН на контрольных вариантах (без удобрений). Обеспечивал такие урожаи зерна озимой пшеницы: 17,8 и 21,5 ц/га; содержание гумуса с 1,65 до 2,3 % -14,4 и 24,9 ц/га. Когда обеспеченность почв фосфатами равнялась 45 и 140 мг/кг, на контроле различия урожайности были соответственно 17,3 и 22,7 ц/га. Ес-

ли обеспеченность обменным калием составляла 95 и 175 мг/кг, урожаи варьировали меньше – 19,2 и 20,1 ц/га. При более высоких параметрах плодородия оплата единицы питательных веществ полного минерального удобрения была выше [8,11].

Однако и на типичных для региона показателях почвенного плодородия больше прибавки давали не фосфорно – калийные, а в сочетании полного мине-

рального удобрения (таб. 1) Здесь варианты: 1 - без удобрений; 2 -(PK)60; 3 - (NPK)60; 4 - N90 (PK)60; 5 -(NPK)90 ; 6 - HCP0,5 В сравнении с контролем, фосфорно - калийное удобрение давало прибавки по 2,8 -3,8, а полное минеральное удобрение (NPK)60 -4,6 -7,5 ц/га. Увеличение дозы азота в его составе до N90(PK)60 повышало урожайность зерна на 7,9 -11,1 ц/га.

Таблица 1

Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в различные годы

Варианты	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Стекло-видность, %	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Седиментациямл	NO ₃ , мг/кг
Засушливый, 2010 год- ГТК – 0,9							
1.	11,3	31,5	69	13,0	34,4	24	
2.	15,3	34,2	74	13,5	36,0	26	89
3.	22,9	35,8	75	14,7	43,2	34	90
4.	18,9	36,4	75	15,8	42,9	34	90
5.	22,5	36,2	76	16,6	42,9	35	90
6.	3,8						
Благоприятный -2015 год – ГТК -1,6							
1.	17,2	32,5	51	7,1	28,0	17	
2.	21,0	33,6	55	8,3	28,6	17	89
3.	24,7	34,9	60	10,9	31,7	29	90
4.	28,3	36,3	64	11,2	33,8	30	90
5.	28,6	37,5	64	12,0	34,7	30	94
6.	2,9						
Среднее, 2010-2015гг. – ГТК-0,9-2,8							
1.	13,8	31,2	44	9,7	22,0	23	101
2.	16,2	32,1	51	10,2	32,0	28	106
3.	18,4	34,3	58	11,4	38,0	29	119
4.	21,7	34,9	66	12,4	41,0	29	121
5.	24,4	33,7	66	12,6	41,0	32	123
6.	2,3	2,6	3,4	0,9	4,0	2,3	-

Урожайность во многом определяют метеорологические условия года. И на контроле в благоприятном году он был выше в 1,6 раза, чем в засушливом (таб.1). То же нами было отмечено и на яровом тритикале [14].

В опытах с подкормками Наа на озимой пшенице урожайность зерна на контроле (без подкормки) в годы достаточного увлажнения превышала засушливые более чем в 2,3 раза (табл. 2).

Таблица 2

Влияние различных доз азота в подкормку на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от обеспеченности почв фосфатами и погоды в среднем за 3 года по каждому уровню, 2012–2015 гг.

Варианты	30-60 мг/кг P ₂ O ₅				110- 150 мг/кг P ₂ O ₅			
	Урожай ц/га	Масса 1000 зёрен г	Сырой белок, %	Сырая клейковина %	Урожай ц/га	Масса 1000 зёрен г	Сырой белок, %	Сырая Клейковина %
Дефицит влаги ГТК 0,7- 0,9								
Без подкормки	10,6	38,1	11,9	23,5	17,2	42,7	11,1	27,1
Подкормка: N ₃₀	17,5	39,7	13,6	33,8	20,2	43,6	12,5	32,4
N ₆₀	18,6	38,7	14,3	35,5	23,0	43,9	12,7	33,7
N ₉₀	19,0	40,1	14,9	34,7	23,2	44,2	13,9	37,3
Достаточное увлажнение, ГТК 2,0 -2,2								
Без подкормки	24,8	40,8	11,2	22,1	32,7	40,8	11,4	21,5
Подкормка: N ₃₀	29,6	38,5	11,8	26,6	37,2	41,3	12,5	26,9
N ₆₀	31,7	37,7	12,5	28,2	40,9	44,3	13,0	30,1
N ₉₀	33,3	36,6	13,5	30,6	40,8	41,3	13,8	32,6

Необходимо отметить, что в различные по метеорологическим условиям годы как основное удобрение, так и азотные подкормки увеличили урожайность. Весьма важно, что повышенная (N₆₀) и высокая (N₉₀) дозы азота по действию на урожай и качественные признаки были выше не только в годы достаточного увлажнения, но и при лучшей обеспеченности почв фосфатами (таб.2)

Наряду с ростом урожайности и увеличением доз, вносимых до посева минеральных удобрений, и более высокие дозы азота в подкормки благоприятно действовали на качественные признаки зерна. Однако дробные вегетационные (кущение + колошение) в сравнении с допосевным внесением или при разовом применении обычно не повышали урожайность пшеницы (таб.3,4).

Таблица 3

Влияние ранневесенней и поздней подкормок на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, среднее за 3 года

Варианты	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
Без подкормки	24,6	39,4	65	12,4	28,8
Под.Наа ₆₀ отрастание	31,9	37,5	76	13,6	34,3
НМ ₆₀ отрас.	32,9	37,6	76	14,7	37,0
Отрас.Наа ₃₀₊₃₀ колошение	31,9	37,9	82	15,0	40,7
Отрас. НМ ₃₀ + колошение	31,4	40,4	82	14,9	41,5
НСР _{0,5}	1,3				

Таблица 4

Эффект летней подкормки яровой пшеницы (среднее за 2 года)

Варианты	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	NO ₃ , мг/кг
Без удобрений	18,5	28,8	24,0	10,0	21,0	24
P ₆₀ K ₆₀ до посева	21,3	31,2	38	10,2	20,8	24
Наа ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева	32,1	33,6	42	10,9	24,8	24
НМ ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева	32,3	35,4	44	10,1	23,2	24
Наа ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева + N ₃₀ колошение	26,4	32,4	49	11,7	25,3	23
НМ ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева + N ₃₀ колошение	27,0	32,8	48	11,9	26,6	24
НСР _{0,5}	2,3					

2. Качество зерна

2.1. Физические качественные признаки. Обычно зерновки пшеницы имеют удлинённую форму при отношении длины к ширине 2:1. Толщина зёрен влияет на мукомольные свойства. И чем оно толще, тем больше выход муки. В крупных зёрнах и семенах меньше клетчатки (оболочек) и золы. В мелких – больше золы и меньше белка [2,7]. Обратим внимание *на разнокачественность зёрен, семян* в урожаях. Даже в колосьях верхние зёрна более щуплые, а содержание белка в них ниже, чем в зёрнах средней и нижней частях колосьев

Цвет зёрен – созревший и своевременно убранный урожай даёт зерновую массу светло-жёлтой или жёлтой окраски. Зелёный цвет зерна – признак недозрелости. Сухое зерно бывает блестящим. Серый оттенок – у попавшего под дожди, полегших растений или нарушениях условий хранения урожая, развитии плесени. Зерно должно иметь запах свежей соломы.

Влажность – важный признак сохранности зерна. Семена сухого зерна содержат до 14 % влаги, средней сухости – 14-15,5%. В интенсивных технологиях, при поздних вегетационных подкормках несколько замедляется созревание (до 3-5 дней). Бывает, что это требует подсушку. В тоже время и пересушка зерна (базисная влажность составляет 14,5%) нежелательна: оно становится хрупким, что ведёт к затруднениям при переработке. При хранении зерно не должно увлажняться, что также снижает качество [2,3].

Масса зёрен-1000 штук – важный технологический признак. Крупные дают больший выход светлой муки. Сбалансированное питание и атмосфер

ные осадки в период налива зерна, семян способствуют получению полновесности их. В наших опытах, например, в *фазу молочной спелости* зерно пшеницы имело массу 1000 семян 16-19 г. *В восковую* – 35-42г, а в полной спелости – 40-45г. Основное удобрение – навоз, различные компосты, отдельные виды органических отходов производств – например, спиртовые (барда, её осадок), заметно – на 3-7 г повышали этот показатель [9,12]. Что касается минеральных удобрений, то во всех опытах массу 1000 зёрен увеличивало значительно полное минеральное удобрение и повышенные дозы азота и дробное применение его в подкормки белка [1,4].

Основное (допосевное) внесение удобрений в сравнении с контролем (без удобрения) способствует формированию более полновесного зерна уже на ранних этапах зрелости зерновок и продолжается вплоть до полного созревания урожая, так как в наших обобщённых данных масса абсолютно сухих 1000 зерновок на контроле в период молочной и восковой спелости составляла 14,9 и 34,5 г, а по РК – фону – 0,4 - 0,8 г больше. И эти различия сохранялись и к уборке урожая. В большей мере масса зерновок возрастала при внесении полного минерального удобрения. В сравнении с допосевным применением азота N_{аа} или N_м в раннюю весеннюю подкормку озимых значительно влияют на массу формируемых зерновок пшеницы (табл. 5). Это, по нашему мнению, обусловлено выщелачиванием из почвы азота минеральных удобрений в осенне-зимний период.

Улучшая пищевой (азотный) режим, азотные подкормки также способствовали полновесности зерновок (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние удобрений на динамику формирования зерновок озимой пшеницы
(масса 1000 штук, г)**

Варианты	Этапы зрелости зерновок		
	молочная	восковая	полная
Опыт 1, среднее за 2 года			
Без удобрений	14,9	34,5	36,8
P ₉₀ K ₁₂₀ до посева	15,3	35,3	37,4
Naa ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ до посева	16,4	37,6	39,1
Nm ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ до посева	16,9	38,7	39,9
P ₉₀ K ₁₂₀ до посева + Naa ₉₀ в подкормки	17,9	41,8	42,6
P ₉₀ K ₁₂₀ до посева + Nm ₉₀ в подкормки	18,5	30,9	41,7
Опыт 2, среднее за 4 года			
Без подкормки	16,5	39,0	41,6
Подкормка Naa60	17,7	40,2	42,3
Nm60	18,7	37,2	46,2
Naa90	17,9	39,3	44,1
Nm90	16,7	39,1	44,1
Naa60 +30K	17,6	39,5	42,7
Nm60+30 K	16,6	40,4	44,4

Установлено, что высокая доза азота в подкормки N 90 и дробное применение его (в период раннего весеннего отрастания озимых N 60 + N 30 в фазу колошения) затягивает вегетацию в сравнении с контрольным вариантом (без подкормки), замедляют формирование массы зерновок уже на молочной и восковой зрелости. Но к полному созреванию зерна масса 1000 зерновок на вариантах «усиленного» удобрения азотом превышала контроль на 1,1-4,6 г (табл.6). Так что при прогнозировании избытка осадков в июле - августе возможно более позднее созревание посевов на вариантах с применением N 90 в подкормку до 3 -5 дней.

Объёмная масса – масса 1 литра – базисный качественный признак, важный для мукомолов и при крупяной оценке. Чем лучше развито зерно, пол-

новеснее – тем больше эндосперм и меньше оболочек. Щуплое зерно имеет меньшую массу в сравнении с крупным, которое даёт и больший выход муки и крупы. В опытах с озимой пшеницей полное минеральное удобрение (NP)₉₀K₁₂₀ – на 11-12 г (без удобрений -700-720 г/л) [8]. При внесении под яровую и озимую пшеницу на вариантах полного минерального удобрения этот показатель также был больше зерен контроля, соответственно на 10-13 и 21-27 г/л (табл.11). Азотные подкормки мало влияют на этот показатель.

Стекловидность определяет белковость зерен: в мучнистом она ниже, а белковые вещества расположены больше в наружной части зерен. На формирование стекловидных зерен сказываются, главным образом, метеословия в период и созревания зерновок: в

засушливые – она больше (но зерновки щуплые), во влажные – ниже. Кроме того, фосфорно – калийное и полное минеральное допосевное удобрение повышают долю стекловидных зерен (табл. 1,2,11).

Стекловидность зерна как озимой, так и яровой пшеницы по годам значительно варьирует. Повышенная доза азота в составе допосевого полного минерального удобрения способствовала формированию стекловидных зе-

рен. Это же отмечается при азотных подкормках. Так, в среднем за 6 опытов на контроле стекловидных зерен пшеницы было 65 %, при подкормках N_{60-90} – 74–76%, а при дробной N_{60} рано весной + N_{30} в фазу колошения – 82% [8]. Мука из стекловидных зерен ценится в хлебопечении. Она обладает лучшими технологическими свойствами – благодаря высокому содержанию и качеству клейковины. Стекловидное зерно дает и больший выход крупы.

Таблица 6

Влияние азотных подкормок на динамику формирования массы зерновок (масса 1000 абс. сухих зёрен, г). Среднее 4 опыта – лет.

Варианты	Этапы зрелости зерновок		
	молочная	восковая	полная
Без подкормки	16,4	38,9	41,6
Подкормка Na_{a60}	17,7	40,1	42,3
N_{M60}	18,7	37,2	46,2
Na_{a90}	17,9	39,3	44,0
N_{M90}	16,6	39,1	44,1
$Na_{a60+30K}$	17,5	39,4	44,9
$N_{M60+30K}$	16,6	40,4	44,5
Среднее	17,3	39,2	43,9

У нас в регионе, как известно, получить хорошее зерно сложно, хотя в сухие годы и в паровых полях стекловидность у мягкой пшеницы может достигать 70–75 %; в обычные 30–45 %, а во влажные годы – ещё ниже. Стекловидное зерно чаще получают в хозяйствах Ополья при сбалансированном удобрении, поздних азотных подкормках [11, 12]. Важно убирать быстро, прежде всего с паровых полей. Дожди, перестой на корню, длительное нахождение зерна в валках понижают стекловидность.

2.2. Химические и технологические свойства зерна, вполне вероятно, определяются теми значениями, которые характерны для культуры и сорта [2–4]. От них зависят биологиче-

ская ценность зерна, пищевое (кормовое) достоинство и тех продуктов, которые могут быть выработаны из пшеницы. Базовые показатели могут варьировать от погоды, технологий, включая системы удобрения [2–4, 7].

На различных этапах *зрелости зерна* в эндосперме зерновки идут сложные биохимические процессы – образование мелких и более крупных крахмальных зерен, синтез азотистых веществ. Зерновки увеличиваются в объёме, изменяется их масса.

Содержание азотистых веществ в зерне. Уже в начале формирования зерновых и к полному созреванию их в эндосперм. Отмечают повышение содержания общего азота при постепенном уменьшении доли небелковых веществ и увеличении содержа-

ния белковых, так, например, на контроле (без удобрений) на этапе молочной спелости общего азота было 1,54 % к восковой-2,04 %, а в физиологически спелом зерне-2,2 % (табл.7).

Фосфорно-калийное и полное минеральное удобрение способствовали лучшему синтезу азотистых веществ. Например, к молочной спелости пшеничного зерна общего азота было больше - соответственно по этим вариантам на 0,10-0,23 %, в восковую спелость - на 0,13-0,25 %, а к полной спелости - на 0,14-0,29 %. Примерно такие же различия в сравнении с контролем при основном удобрении отмечены по наличию белковых форм азота. Отметим, что N_{aa} и N_m на динамику форм азотистых веществ при основном применении дей-

ствовали сходно, как и при использовании их рано весной в подкормку (табл.7).

Экспериментальные данные опытов с подкормками озимой пшеницы показали, что N_{aa} и N_m в дозах N_{60} и N_{90} значительно изменяют динамику концентрации форм азотистых веществ в зерне: происходит увеличение (в сравнении с контролем) содержания как N_6 , так и $N_{н6}$ во всех этапах зрелости зерна. Что касается дробных подкормок (раннее весеннее отрастание $N_{60} + N_{30}$ в фазу колошения), то в сравнении с разовым внесением N_{90} замедляется синтез азотистых веществ вне зависимости от формы азотного удобрения. Но к восковой спелости зерна N_0 больше за счет белковых соединений (табл.7).

Таблица 7

Влияние удобрений на динамику форм азота в зерне по этапам зрелости зерновок озимой пшеницы (% в абс.сухом веществе). Среднее за 2 года

Варианты	молочная			восковая			полная		
	N_6	$N_{н6}$	N_0	N_6	$N_{н6}$	N_0	N_6	$N_{н6}$	N_0
Основное удобрение									
Без удобрений	0,93	0,61	1,59	1,61	0,43	2,04	1,91	0,29	2,20
$P_{90} K_{120}$ до посева	1,05	0,59	1,64	1,82	0,35	2,17	2,08	0,26	2,34
$N_{aa90} P_{90} K_{120}$ до посева	1,17	0,6	1,77	1,92	0,37	2,29	2,20	0,25	2,45
$N_{m90} P_{90} K_{120}$ до посева	1,23	0,57	1,80	2,05	0,35	2,40	2,35	0,24	2,59
$P_{90} K_{120}$ до посева + N_{aa90} в подкормки	1,5	0,57	2,07	2,13	0,31	2,44	2,41	0,22	2,63
$P_{90} K_{120}$ до посева + N_{m90} в подкормки	1,62	0,52	2,14	2,19	0,32	2,51	2,50	0,21	2,71
среднее	1,25	0,58	1,83	1,95	0,35	2,31	2,24	0,22	2,49
Азотные ранневесенние подкормки									
Без подкормки	1,73	0,43	2,16	1,64	0,36	2,00	1,79	0,18	1,97
Подкормка N_{aa60}	1,88	0,51	2,39	1,82	0,23	2,05	1,97	0,25	2,22
N_{m60}	1,90	0,50	2,40	2,02	0,26	2,28	2,00	0,23	2,23
N_{aa90}	1,99	0,44	2,43	1,77	0,39	2,16	2,06	0,34	2,40
N_{m90}	1,97	0,56	2,53	1,70	0,44	2,14	2,01	0,32	2,33
$N_{aa60+30} K$	1,91	0,44	2,35	1,93	0,28	2,21	2,00	0,45	2,45
$N_{m60+30} K$	1,93	0,42	2,35	1,90	0,34	2,24	1,97	0,45	2,42
Среднее	1,90	0,47	2,37	1,83	0,33	2,20	1,97	0,32	2,29

Обращает внимание и то, что позднее использование азотного удобрения ведет к тому, что в физиологически зрелом зерне (в период полной его спелости) значительно больше (на 0,13-0,15%) небелковых веществ. По нашему мнению, в годы избыточного увлажнения это может привести к накоплению нитратов - концентрация их может быть более ПДК (300мг/кг).

Азотистые вещества пшеничного зерна представлены различными по переваримости фракциями белковых веществ и более сложным, трудногидролизруемыми соединениями - неизвлекаемым остатком. Их соотношения к общему содержанию **общего азота** (N_0), как отмечалось, характерно для отдельных зерновых, возможно, и сортов. В наших экспериментах содержатся обобщенные сведения о влиянии различных сочетаний удобрений на долю фракций при допосевном применении и азотных подкормках (табл.8).

При *основном применении* удобрений установлено, что одностороннее внесение суперфосфата не сказывается на содержании азота в зерне. Концентрация N_0 возрастает лишь на вариантах с азотным удобрением (аммиачной селитрой) до 2,12-2,16 %. Эти значения, в общем, близки к среднему показателю по всем вариантам опытов -2,09% (табл.5). При допосевном и послепопосевном применении азотного удобрения (см. варианты $N_{90} P_{90} K_{120}$ и $P_{90} K_{120} + N_{90}$ в подкормку рано весной) получено равное значение -2,12 % N_0 .

В среднем за 5 опыто-лет значительных различий по содержанию в физиологически зрелом зерне различий по фракционному составу азотистых веществ не выявлено. По-видимому, они

находятся в пределах статистических вариаций (табл.8).

Азотные подкормки N_{aa} и N_m в среднем за 4 опыта лет увеличил содержание общего азота в зерне до 2,43 % или на 0,4 % (варьирование по вариантам с 2,31 до 2,625). Возрастающая доза с N_{60} до N_{90} при разовом внесении в подкормку и дробное применение N_{90} ($N_{60} + N_{30}$ в колошение) способствовали повышению содержания азота в зерне при близких значениях -0,58-2,52 % и 2,57-2,62 %.

Высокая доза азота в подкормку- N_{90} несколько увеличивала долю в зерне клейковину-слагающих фракцию белковых веществ (глиадинов, глютеинов и трудногидролизруемых белков). Дробное использование этой дозы (N_{90}), как N_{aa} , так и N_m , на эти фракции белковых веществ влияли аналогично (табл.8).

Итак, основное удобрение слабо влияет на фракционный состав азотистых веществ белков пшеницы, но увеличивает доли трудногидролизруемых соединений. При подкормках N_{aa} и N_m действуют сходно, а более высокая доза N_{90} повышает доли неизвлекаемых белковых веществ. Дробное применение азота в подкормку способствует увеличению части клейковины-слагающих белков.

Таким образом, на содержание в зерне пшеницы общего азота, в том числе белковых веществ, в составе *допосевного удобрения* значительно влияет полное минеральное удобрение. Комбинация: РК- до посева+Азотная ранневесенняя подкормка имеет определенное преимущество против основного внесения под озимь азотного удобрения. Наиболее четко это очевидно при использовании N_{aa} . Подкормки из расчета N_{60-90} способствуют концентрации всех форм азота в зерне, включая N_0 . Дробная подкормка N_{aa} и N_m в сравне-

нии с разовой увеличивает содержание в нем N_0 и N_6 .

Таблица 8

Влияние удобрений на фракционный состав азотистых веществ в зерне озимой пшеницы

Вариант	% к N_0					
	N_{06}	альбумины	глобулины	глиадины	глютелины	неизв. остаток
Основное удобрение-5 опыто-лет						
Без удобрений	1,93	18,8	11,4	26,5	28,7	14,6
$P_{90} K_{120}$ до посева	1,88	20,4	12,9	22,9	25,9	18,0
$Naa_{90} P_{90} K_{120}$ до посева	2,12	19,3	11,2	25,9	26,6	17,0
$Nm_{90} P_{90} K_{120}$ до посева	2,16	18,0	11,9	26,5	30,3	13,4
$P_{90} K_{120}$ до посева + Naa_{90} в подкормки	2,12	18,2	11,3	24,3	28,4	17,8
$P_{90} K_{120}$ до посева + Nm_{90} в подкормки	2,12	18,6	12,0	26,7	29,1	13,1
среднее	2,09	18,6	11,6	28,1	28,6	15,2
Азотные подкормки -4 опыта-года						
Без подкормки	2,03	19,7	10,6	31,6	30,4	7,7
Подкормка Naa_{60}	2,31	18,3	9,7	30,9	27,5	12,5
Nm_{60}	2,38	19,2	11,7	33,1	30,5	5,6
Naa_{90}	2,58	17,3	9,1	28,6	32,1	10,5
Nm_{90}	2,52	17,9	9,3	31,3	30,0	11,5
$Naa_{60+30} K$	2,57	16,6	10,2	33,2	31,3	8,7
$Nm_{60+30} K$	2,62	17,2	10,5	30,4	33,1	7,6
Среднее	2,43	18,0	10,2	31,3	30,7	9,2

Удобрения, например азотные подкормки, могут изменять фракционный состав белков, увеличивая в пшеничном зерне долю клейковины, слагающих белки. Большую ценность составляют запасные *клейковинные белки*, на долю которых приходится от 60 до 70% белков пшеницы и больше.

Лучшей по качеству считают муку с более широким отношением глиадины к глютелину, а худшей – при высоком содержании легкоусвояемых фракций (прежде всего, альбуминов).

По этому качественному признаку, основное удобрение пшеницы имеет показатель 0,98 (см. табл. 8, когда 28,1:28,6). При подкормках среднее отношение 1,02 (по лучшим вариантам 1,05-1,09). И хотя удобрение несколько улучшает хлебопекарные значения, рассчитывать на местное зерно для выпечки высококачественных хлебных изделий сложно. По количеству и качеству белка все же нельзя окончательно судить о хлебопекарных достоинствах зерна. Более верное решение можно вынести при выпечке хлеба [2, 3, 7].

Удобрения (особенно азотные, применяемые в фазу колошения) заметно увеличивают общее содержание белка в зерне, в основном, за счет клейковинных фракций.

Клейковину образует белковый комплекс пшеницы, состоящий из глиадинов, глютеинов и неизвлекаемых азотистых веществ. Выход ее коррелируется с содержанием белка, зависит от условий выращивания (почвенного плодородия и удобрений, агротехнологий и погоды), и выход её варьирует в интервале: сырая – от 16 до 58 %, сухая – от 5 до 28 % [2, 3]. Подкормки увеличивают доли в зерне клейковины – слагающих фракций белка, за счет более простых белков и неизвлекаемого остатка.

Содержание белка важно не только по количеству, но и по качеству белка. *Простые белки* (протеины) состоят из аминокислот, обуславливающих не только пищевую ценность продукта, но его запах и вкусовые качества. В составе протеинов насчитывается около 20 аминокислот, из которых 8 являются **незаменимыми**: триптофан (суточная потребность – 1 г), лейцин (4 г), треонин (2–3 г), изолейцин (2–4 г), фенилаланин (2–4 г), валин (4 г), лизин (3–5 г), метионин (2–4 г). На содержание отдельных аминокислот в белке пшеничного зерна условия выращивания сказываются незначительно [1, 8].

Сложные белки состоят из простых и прочно связанных с ними других соединений небелковой природы (таких, как нуклеиновые кислоты, липиды, фосфорная кислота и др.). Они играют большую роль в обмене веществ организма. Белковый комплекс представлен в основном следующими **фракциями** простых белков [2, 5, 6]: растворимые в воде – **альбумины** (от 10 до 20 % общего белка); извлекаемые растворами нейтральных солей – **глобулины** (до 10–15 %); растворимые в 70 % этиловом спирте – **проламины** или **глиадины**

(20–40 %); растворимые в слабых растворах щелочей – **глютеины** (20–30 %).

Кроме этих фракций, в белке содержатся неизвлекаемые, названными растворителями, составляющие фракцию нерастворимого остатка, **склеропротеины** (до 5–15%) (табл.8).

Известно, что пищевая ценность белка определяется его составом. Фракции белка зерна имеют различные коэффициенты перевариваемости: наибольший (около 100%) – глобулины, а самый низкий – остаточные, неизвлекаемые белки. Однако и перевариваемость и биологическая ценность белка в конечном итоге определяется его аминокислотным составом, соотношением незаменимых аминокислот. Альбумины (или у пшеницы лейкозин) и глобулины довольно богаты **незаменимыми аминокислотами**, особенно в естественном состоянии отмытая сырая клейковина – высокогидратированная, хорошо растяжимая масса, светло-серого или серого цвета. Белки клейковины способны поглощать и удерживать значительное количество воды, при этом клейковина лучшего качества отличается и большей гидратацией. Мука, полученная из высококачественного зерна, с высоким выходом клейковины, весьма ценится в хлебопечении. Отметим, что полное минеральное удобрение, внесенное до посева, так и азотные подкормки повышают выход клейковины. На подзолистых почвенных разностях получают более темную, а на серых лесных почвах – светлую. К тому же, на почвах Ополя, она более эластичная. Технологии возделывания пшеницы должны быть направлены на получение высококачественного зерна, с повышенным выходом клейковины. В условиях Верхневолжья, выход сырой клейковины в годы нормального увлажнения у пшеницы обычно составляет 22–27 %, во влажные – 16–20%. Значительному увеличению содержания её способствуют удобрения – прежде все-

го, ранневесенние азотные подкормки повышенными дозами минеральных удобрений, в сочетании с поздними сухими подкормками мочевиной [8-12].

На содержание белка и клейковины в зерне пшеницы наиболее значительно влияет минеральный азот в повышенных дозах и дробно [2, 3, 11, 12]. Например, на подзолистых почвах в

Учхозе сельхозакадемии, в обычные по увлажнению года, увеличенные дозы азота в подкормку с N_{30} до N_{60-90} не только повысили содержание сырого белка с 11,2-11,4 до 11,8-12,5 и 13,5-13,8%, но способствовали большему выходу клейковины (табл. 1,3,11). Это же отмечено при дробных азотных подкормках на пшеницы (табл. 3, 9).

Таблица 9

Влияние дробного внесения аммиачной селитры на урожайность и качество яровой пшеницы. Среднее 5 лет [11]

Варианты	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	NO_3 , мг/кг
Без удобрений	20,4	28,8	11,1	19
$(PK)_{60}$ – фон	24,2	31,0	11,1	13
Фон + $N_{aa 60}$ до посева	31,2	33,6	10,5	11
Фон + $N_{aa 30}$ до посева + N_{30} в кушение	28,7	35,4	12,1	10
Фон + $N_{aa 30}$ до посева + N_{30} в колошение	28,2	35,4	12,4	8
$НСР_{05}$	1,7			

Наряду с увеличением выхода клейковины, повышенные дозы азота и третья подкормка влияют на *качество* – её упругость, растяжимость, гидратацию. На почвах Ополя клейковина пшеницы более светлая – чаще светло – серая, на подзолистых почвах она более темная, но при усилении азотного режима также светлеет.

3.Мукомольные и хлебопекарные качества. Зерно пшеницы является сырьем для мукомольной промышленности и поэтому должно удовлетворять предъявляемым требованиям по изготовлению различных сортов хлеба, хлебо – булочных и кондитерских, крупяных и макаронных и других изделий. При технологической оценке учитывают конкретные требования, предъявляемые при изготовлении тех или иных изделий (продуктов). Главное требование – выход муки заданного качества. Показателем отличных **мукомольных качеств зерна пшеницы** является вы-

ход муки больше 76 %, хороших – 73–75,9 %, средних – 70–72,9 %, ниже средних – 67–69,9 %, низких – меньше 66,9 %. Развитое и наполненное зерно, с большой объёмной массой, содержит относительно меньше, идущих в отруби оболочек, и дает при помоле бóльший выход муки, а мелкое и шуплое – низкий выход. «**Сила**» **муки** – показатель, тесно связанный с содержанием количества и качества белка, характеризует способность поглощать до 75 % воды от своего веса и давать тесто с хорошими физическими свойствами. Слабая по силе мука поглощает ограниченное (до 50%) количество воды, дает неустойчивое, жидкое малоэластичное и липкое тесто. Хлеб, выпеченный из местной муки, имеет высокий припек, объём свыше 525 см³, хорошую пористость и упругость мякиша, отличные вкусовые качества. Косвенным показателем силы муки является *седиментация* – степень набухания её в уксусной кислоте. Объ-

ём осадка зависит в основном от количества и качества белков. Если он выше 40 мл – пшеница считается сильной, до 40 мл – средней, а менее 20 мл – слабой (А.Я. Пумпянский, 1971). В повышенных дозах полное минеральное удобрение улучшало этот качественный признак (табл.10,11). Однако более точным способом оценки считается пробная выпечка хлеба из 100 г муки. При этом учитывают массу хлеба, отношение

высоты (h) к диаметру (d). Технологическая оценка озимой пшеницы при пробной выпечке подовых хлебцев показала, что полное минеральное удобрение не влияло на выход муки, но несколько разжижело тесто. Такие качественные признаки, как «сила» муки, высота хлебцев, объем их и общая хлебопекарная оценка были лучше контроля (табл.10).

Таблица 10

Влияние срока внесения азота на технологические свойства зерна озимой пшеницы
Среднее 6 опыто-лет.

варианты	Набухаемость, мл	Общий выход муки, %	Фаринограф			Микроальвеограф		Стандартная выпечка хлеба		
			Время до начала разжиж. мин	Разжижение, ед.фар	Валориметр, ед.фар	«сила» муки, ед.сил	P/L	Объем хлеба, см ³	Пористость, балл	Общая оценка, балл
Без удобрений	44	60	4,3	77	54	222	1,2	635	3,1	3,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	53	57	5,0	68	57	271	1,4	668	3,5	3,7
N ₃₀ P ₉₀ K ₁₂₀ ⁺ N ₆₀ подк.	58	59	5,7	68	59	279	1,4	665	3,5	3,8

Что касается азотных разовых и дробных подкормок N_{аа} и N_м, то они благоприятно влияли как на физические, химические, так и хлебопекарные свойства зерна (табл.11).

Крахмал – важный продукт питания, ради которого и выращивают зерно. Содержание его варьирует в широких пределах – 45–70 % и находится в обратной зависимости от количества белка. Крахмал высокого качества определяет хорошую общую газообразующую и газодерживающую способность теста. С этой точки зрения целесообразно наличие в муке мелких крахмальных зёрен [2–3, 7]. Крахмалистость

возрастает во влажные годы, этому же в условиях региона способствуют навоз (компосты) и невысокий уровень азотного питания. Она ниже у зерна поздних сроков уборки, попавших под дожди.

Химический состав зерна. Удобрения, в общем, существенно не изменяют содержание зольных элементов. И лишь наличие общего, белкового и небелковых азотистых веществ в пшеничном зерне возрастает по фону с азотными удобрениями и при азотных подкормках (таблица 12,[9-14]).

Таблица 11

**Влияние подкормок на технологические свойства зерна озимой пшеницы.
Среднее за 4 опыта-года**

Варианты	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Объемная масса, г/л	Стекловидность, %	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Альвеограф		Стандартная выпечка с сахаром			
							P/L	Си-ла муки, дж	h/d	Цвет мяки-ки-ша, балл	Порис-то-сть, балл	Объемный выход хлеба, см ³
Без подкормки	21,2	34,3	760	55	13,5	26,6	1,5	269	0,51	3,9	4,1	590
N _{aa} 60	28,9	35,1	758	54	13,8	27,8	1,5	297	0,51	4,0	4,2	587
N _m 60	29,6	35,0	755	56	13,9	28,5	1,4	335	0,54	4,1	4,2	575
N _{aa} 90	29,9	35,1	758	60	13,7	29,1	1,4	329	0,54	4,1	4,0	585
N _m 90	30,0	35,4	758	64	14,0	29,0	1,5	337	0,54	4,2	4,2	600
N _m 60+30	29,8	36,9	764	66	14,4	30,6	1,5	273	0,52	4,0	4,0	600
НСП ₀₅	2,3	35,2	768	70	14,7	31,8	1,5	334	0,50	4,1	4,0	573

Таблица 12

Химический состав зерна, %

Варианты	Урожайность, ц/га	N _o	P ₂ O ₅	K ₂ O
I* Основное удобрение-4 опыта-года				
Без удобрений	16,2	1,79	0,63	0,36
N ₉₀ K ₉₀	20,4	20,3	0,70	0,39
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	26,2	2,13	0,72	0,39
Азотные подкормки -4 опыта-года				
Без подкормки	29,9	2,43	0,76	0,55
N ₃₀	31,7	2,60	0,76	0,55
N ₆₀	35,7	2,69	0,77	0,55
I** Сроки внесения N _{aa} -6 опыта-лет				
Без удобрений	20,4	1,84	1,07	0,64
P ₆₀ K ₆₀ -до посева	24,2	1,82	1,08	0,58
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева	31,0	1,96	1,05	0,62
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ до посева+ N ₃₀ кущение	28,7	2,16	1,05	0,60

*-озимая пшеница

**-яровая пшеница

Концентрация нитратов. Запасное количество NO_3 , неиспользованное растениями в форме азота в колосьях и зерне, может быть даже в значительных количествах, находиться *без вреда для самого* растения. Но NO_3 , накапливаемые в урожае свыше ПДК (МДУ), представляет опасность для здоровья человека и животного. Во все годы опытов, применяемые удобрения в обычных дозах, не увеличивали концентрацию *нитратов* в зерне. У зерновых их значительно меньше установленного показателя ПДК = 300 мг/кг (табл. 1, 4,9).

Заключение. Пшеница отзывчива на удобрения в любые по метеорологическим условиям годы. В качестве основного удобрения нужны все три главных элемента питания в расчете на намечаемую урожайность. Под озимую форму часть азота целесообразно применять в раннюю весеннюю подкормку. Когда это диагностически обосновано и при низкой насыщенности севооборотов удобрениями, рациональны повышенные дозы минерального азота аммиачной селитры или мочевины. Физические, химические и технологические свойства зерен взаимосвязаны. В большей степени качественные признаки зерна улучшают азот и азот в составе полного минерального удобрения. В Верхневолжье в условиях достаточного увлажнения, наличия осадков в течение вегетации, рациональны повышенные дозы азота и дробные подкормки. Пшеница может получать как минимум две или даже три сухие азотные подкормки: *первую* – в период раннего весеннего отрастания для регенерации отмерших органов и усиления кустистости; *вторую* – при выходе в трубку для сохранения дополнительных побегов, развития листовой поверхности; *третью* – в фазу колошения для продления жизни флагового листа, функций фотосинтеза и синтеза белка, изменения качественного состава

его. Без применения минеральных удобрений, в том числе азотных, даже по лучшим предшественникам хорошие урожаи не реальны. Без азотных удобрений зерно низкокачественное.

ГОСТ 9353-90 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках» определяет для зерна мягкой пшеницы ограничительные нормы качества. Основными безопасными нормами, более высокими для высшего и 1-4 последующих классов служат: натура (740-710г/л), содержание клейковины (36-18 %) и 1-2 группы ее качества, стекловидность (не менее 60 %). Базисные нормы для зерна 5 класса, в общем, не ограничены. В нашем регионе лишь в хозяйствах Ополья можно рассчитывать на зерно 4-2 классов, а на подзолистых почвах - не выше 4-3 классов (чаще это зерно 5 класса). Эти требования важны при определении цены на зерно. Взаимно дополняя, яровая и озимая пшеница могут улучшать зерновой баланс в регионе, снижая импортную потребность в продовольственном зерне.

**Материал печатается на правах заказной статьи.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. Учебное издание / Под ред. Б. А. Ягодина. М.: Колос, 2002. 584 с.
2. Носатовский А. И. Пшеница. Изд. 2, доп. М.: Колос, 1965. 568 с.
3. Коданев И. М. Повышение качества зерна - М.: Колос, 1976. 304 с.
4. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : Справочник . М.: Агропромиздат, 1990. 234 с.
5. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
6. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968. 496 с.
7. Мерко И.Т., Моргун В.А., Погирной Н.Е. Структура и эффективность технологических процессов производства муки. М.: Колос, 1983. 239 с.
8. Ненайденко Г.Н. Подкормка озимых в Нечерноземье: учебное. пособие. СПб, 1993. 77 с..

9. Ненайденко Г.Н., Мазиров М.А. Экологические аспекты утилизации спиртовых отходов. М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2004. 160 с..

10. Ненайденко Г.Н., Акаев О.П., Ильин Л.И. Сложное удобрение на основе системы «NH₄NO₃–NH₄H₂PO₄». Иваново: изд-во «ПресСто», 2013. 152 с.

11. Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И. Система применения удобрений – как фактор продовольственного импортзамещения. М, 2016. 283 с.

12. Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И. Удобрения зерновых культур как фактор продо-

вольственного импортзамещения в Верхневолжье. М., 2017. 331 с.

13. Окорков В.В., Григорьев А.А., Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И. и др. Высокопродуктивные технологии возделывания озимой ржи и пшеницы в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Верхневолжья. Владимир, 2014. 96с.

14. Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И. Удобрение и качество зерна//Владимирский земледелец, 2017, №4. С.23-28.

Рукопись поступила в редакцию 26.02.2018

ERTILIZER AND IMPROVEMENT OF QUALITY OF GRAIN OF WHEAT IN VERHNEVOLZHE

G.Nenajdenko

On the basis of long-term experimental data, action of fertilizers on qualitative signs of grain winter and spring wheat in areas of the Top Volga is shown. It is shown, that they vary in dependence not only on weather, but also agrotechnologi

es, including entering of various doses and a combination of mineral fertilizers. On physical properties (weight 1000 and volume weight, the vitreousness of the grains), chemical indicators (protein content, its composition, the yield of gluten and its properties etc.) equally influence ammoniac saltpeter and urea in the raised doses and at fractional dressing. Presence in areas of region of rainfall during the period of earing - flowerings allows to feed up wheat dry nitric fertilizers. It will promote manufacture of grain of the improved commodity properties and to lower dependence in its delivery from the outside.

Key words: wheat manufacture, fertilizer, single and fractional dressing, quality of grain, agroclimatic conditions of Verhnevolzhja.

References

1. YAgodin B.A., Zhukov YU.P., Kobzarenko V.I. Agrohimiya. Uchebnoe izdanie. Pod red. B. A. YAgodina. M.: Kolos, 2002. 584 s.
2. Nosatovskij A. I. Pshenica. Izd. 2, dop. M. : Kolos, 1965. 568 s.
3. Kodanov I. M. Povyshenie kachestva zerna .M : Kolos, 1976. 304 s.
4. Cerling V.V. Diagnostika pitaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur : Spravochnik . M.: Agropromizdat, 1990. 234 s.
5. Praktikum po agrohimii: Ucheb. posobie. 2-e izd., pererab. i dop. Pod red. akademika RASKHN V. G. Mineeva. M.: Izd-vo MGU, 2001. 689 s.
6. Peterburgskij A.V. Praktikum po agronomicheskoy himii. M.: Kolos, 1968. 496 s.
7. Merko I.T., Morgun V.A., Pogirnoj N.E. Struktura i ehffektivnost' tekhnologicheskikh processov proizvodstva muki. M.: Kolos, 1983. 239 s.
8. Nenajdenko G.N. Podkormka ozimyyh v Nechernozem'e: uchebnoe. posobie. SPb, 1993. 77 s..
9. Nenajdenko G.N., Mazirov M.A. EHkologicheskie aspekty utilizacii spirtovyh othodov. M.: Izd-vo Rossel'hozakademii, 2004. 160 s.
10. Nenajdenko G.N., Akaev O.P., Il'in L.I. Slozhnoe udobrenie na osnove sistemy «NH₄NO₃–NH₄H₂PO₄». Ivanovo: izd-vo «PresSto», 2013. 152 s.
11. Nenajdenko G.N., Il'in L.I. Sistema primeneniya udobrenij – kak faktor prodovol'stvennogo importzameshcheniya. M, 2016. 283 s.
12. Nenajdenko G.N., Il'in L.I. Udobreniya zernovyh kul'tur kak faktor prodovol'stvennogo importzameshcheniya v Verhnevolzh'e. M., 2017. 331 s.
13. Okorkov V.V., Grigor'ev A.A., Nenajdenko G.N., Il'in L.I. i dr. Vysokoproduktivnyye tekhnologii vozdelevaniya ozimoy rzhi i pshenicy v adaptivno-landshaftnyh sistemah zemledeliya Verhnevolzh'ya. Vladimir, 2014. 96s.
14. Nenajdenko G.N., Il'in L.I. Udobrenie i kachestvo zerna. Vladimirskij zemledec, 2017, №4. S.23-28.