

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, М.М. Ломонос, О.Г. Кулеш, А.А. Грачева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В интенсивных системах земледелия ставится задача получать не только высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, но и урожаи хорошего качества. Среди факторов, обеспечивающих рост урожаев зерновых культур, центральное место (во многих случаях первостепенное значение) приобретают приемы комплексной химизации. Однако до настоящего времени научные основы комплексного применения средств химизации в интенсивных технологиях разработаны недостаточно. Комплексное применение средств химизации более эффективно на хорошо окультуренных почвах, где факторами, лимитирующими урожай, являются не недостаток какого-либо из основных элементов питания или агрохимические показатели почв, а оптимизация всего комплекса условий питания, которые обеспечивают многокомпонентные агротехнологии.

Одним из основных критериев оценки хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий наряду с увеличением объема производства становится качество продукции. На повышение качества зерна положительное воздействие оказывают агротехнические приемы: соблюдение севооборотов, подбор предшественника, оптимальные нормы высева, применение регуляторов роста и химических средств защиты. Однако среди перечисленных факторов наиболее существенное действие на улучшение качества сельскохозяйственных культур оказывают минеральные удобрения, которые, повышая урожайность растений, изменяют содержание в них не только важных для человека и животных элементов питания, но и накопление белков, сахаров, жиров, крахмала и других веществ. Использование удобрений без учета биологических особенностей культур, свойств почв и почвенно-климатических условий иногда может привести к снижению качества урожая. Действие удобрений на качественный состав растений определяется тем, что питательные вещества, поступающие в растения из удобрений, входят в состав важнейших органических соединений и повышают их содержание в урожае. Кроме того, отдельные элементы питания оказывают влияние на активность ферментативных систем растений. Следует иметь в виду, что управлять процессом питания и получать необходимый эффект в формировании качественной продукции можно лишь при научно-обоснованном применении удобрений, с учетом биологических и физиологических особенностей сельскохозяйственных культур, почвенных условий, степени кислотности и запасов гумуса, фосфора и калия, а также факторов внешней среды.

Яровая пшеница занимает первое место в мире по посевной площади и сбору зерна среди зерновых культур. В ее зерне содержатся практически все вещества, необходимые для нормального развития организма. Зерно яровой пшеницы используют для выпечки хлеба и хлебопродуктов, а также в крупяной, макаронной, кондитерской и спиртовой промышленности. Отходы мукомольного производства являются высококачественным кормом для сельскохозяйственных животных. Определенную кормовую ценность имеют также солома и мякина.

Яровая пшеница характеризуется высокими требованиями к почвенному плодородию и минеральному питанию. Она плохо переносит кислые и для нее мало подходят песчаные почвы. При применении оптимальных доз минеральных удобрений яровая пшеница обеспечивает высокий урожай и хорошее качество зерна [1, 2].

Цель исследований – разработать приемы повышения эффективности минеральных удобрений, которые явились бы основой для совершенствования интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность систем удобрения на яровой пшенице изучали в двух стационарных полевых опытах в 2006-2008 гг. в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: рН_{KCl} 5,8-6,0, содержание P₂O₅ – 400-420, K₂O – 300-320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8-2,0%; и на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района. Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы: рН_{KCl} 5,9-6,2, гидролитическая кислотность –

1,58-1,92, сумма обменных оснований – 9,10-9,52 смоль(+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание подвижных: P₂O₅ – 170-290, K₂O – 130-230 мг/кг почвы, гумуса – 2,5-3,0%.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли с учетом рекомендаций по интенсивной технологии возделывания зерновых культур [3]. В опытах применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей. Исследования проводили с яровой пшеницей сорта Рассвет.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО-ГОСТ 26487-85, гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотокolorиметрическим индофенольным и ванадио-молибдатным методами, калий – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Урожайность яровой пшеницы приведена при стандартной влажности (зерно – 14%, солома – 14%). На урожай при стандартной влажности приведены расчеты выноса урожая с единицей продукции.

Качественные характеристики зерна включают: содержание белка, рассчитанное по общему или белковому азоту, содержание критических и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метеонин, изолейцин, лейцин, фенилаланин), определение которых проводили на жидкостном хроматографе «Agilent 1100» (условия гидролиза – 6 n HCl, 108° C, 24 часа). Для оценки биологического качества зерна использовали расчетные показатели – химическое число и аминокислотный скор [4]. Содержание и качество клейковины определяли на ИДК-1 в соответствии с требованиями ГОСТ13586.1-68 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины». Содержание общего и белкового азота в зерне определяли на инфракрасном спектрометре или по методу Барнштейна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиями с яровой пшеницей сорта Рассвет при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено положительное влияние удобрений на урожайность зерна, которая изменялась в зависимости от системы удобрения от 42,9 до 68,2 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка, ц/га		Оплата 1 кг удобрений, кг зерна	
		N	NPK	N	NPK
1. Без удобрений	42,9	-	-	-	-
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	46,7	-	-	-	-
3. Фон 1 + N ₃₀	56,7	10,0	-	33,3	-
4. Фон 1 + N ₆₀	59,8	13,1	-	21,8	-
5. Фон 1 + N ₉₀	61,0	14,3	-	15,9	-
6. Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	60,0	-	-	-	-
7. Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	60,2	-	-	-	-
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	50,2	-	-	-	-
9. Фон 2 + N ₃₀	61,2	11,0	14,5	36,7	12,1
10. Фон 2 + N ₆₀	63,4	13,2	16,7	22,0	11,1
11. Фон 2 + N ₉₀	64,5	14,3	17,8	15,9	9,9
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	53,4	-	-	-	-
13. Фон 3 + N ₃₀	61,2	7,8	14,5	26,0	6,9
14. Фон 3 + N ₆₀	66,1	12,7	19,4	21,2	8,1
15. Фон 3 + N ₉₀	66,7	13,3	20,0	14,8	6,9
16. Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	68,2	14,8	21,5	16,4	7,4
17. Фон 3 + N ₆₀₊₃₀₊₃₀	68,1	14,7	21,0	12,3	7,0
HCP ₀₅	1,5				

* – последствие 40 т/га органических удобрений

Наибольшее влияние на формирование урожайности зерна яровой пшеницы оказали азотные удобрения. Возрастающие дозы азота способствовали её увеличению на 7,8-14,8 ц/га. Следует от-

метить, что эффективность эквивалентных доз азотных удобрений на всех фонах фосфорного и калийного питания оказалась практически равнозначной. Применение в предпосевную культивацию фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{30}K_{60}$ повысило урожайность яровой пшеницы в фоновом варианте на 3,5 ц/га. Увеличение доз фосфора и калия до $P_{60}K_{120}$ обеспечило дополнительный сбор зерна 6,7 ц/га. Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы получена в варианте с дробным внесением N_{90} (N_{60} под предпосевную культивацию + N_{30} в стадии первого узла) на фоне предпосевного внесения $P_{60}K_{120}$ и применения в занятом пару 40 т/га солоमистого навоза КРС. Прибавка от внесения азотных удобрений в данном варианте составила 14,8 ц/га (в том числе 1,5 ц/га за счет дробного внесения азота), полного минерального удобрения – 21,5 ц/га, и общей урожайности зерна яровой пшеницы – 68,2 ц/га. Увеличение дозы азотных удобрений при их дробном внесении до N_{120} не приводило к дальнейшему увеличению урожайности, что, прежде всего, было обусловлено (как и в вариантах с разовым внесением N_{90}) очаговым полеганием растений в этих вариантах.

Агрономическая эффективность применения азотных удобрений зависела от дозы их применения. При внесении 30 кг/га д.в. величина данного показателя была наибольшей и составила 26,0-36,7 кг зерна. Увеличение дозы внесения азотных удобрений до 90 кг/га д.в. приводило к снижению данного показателя на 43,1-56,7% (11,2-20,8 кг). Более высокие показатели агрономической эффективности азотных удобрений получены при внесении N_{30-90} на фоне навоза (40 т/га) + $P_{30}K_{60}$, которые находились в пределах от 15,9 до 36,7 кг. Наиболее высокая окупаемость полного минерального удобрения получена в варианте с применением $N_{30}P_{30}K_{60}$ и составила 12,1 кг зерна, в варианте с применением $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ она составила 7,4 кг зерна.

Урожайность яровой пшеницы Рассвет при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве (Узденский район) при применении минеральных удобрений формировалась на уровне 55,3-70,8 ц/га (табл. 2). За счет минеральных удобрений и средств химизации получена прибавка 20,2-35,7 ц/га. Азотные удобрения в дозе 90 кг/га д.в. вносили в два срока (60 кг/га д.в. совместно с фосфорными и калийными перед посевом + 30 кг/га д.в. в фазу 1 узла трубкавания); 120 кг/га д.в. азота вносили в три срока (60 кг/га перед посевом + 30 кг/га д.в. в фазу 1 узла трубкавания + 30 кг/га в фазу колошения) на фоне $P_{50}K_{90}$. Максимальная урожайность в опыте 69,6 ц/га и 70,8 ц/га формировалась при внесении 120 кг/га азотных удобрений в три срока на фоне $P_{50}K_{90}$ и некорневой обработке посевов регуляторами роста серон или моддус и микроэлементами – медью и марганцем (в дозе 50 г/га д.в.). Дополнительное внесение 30 кг/га д.в. азота в фазу колошения способствовало получению прибавки зерна в 3,5-4,4 ц/га по сравнению с вариантом без азотной подкормки. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты растений недобор урожайности зерна составил 10,9 ц/га. При некорневой обработке посевов микроэлементами (медь + марганец) или регулятором роста растений серон совместно с микроэлементами наблюдалась тенденция к снижению урожайности зерна.

Таблица 2

Влияние комплексного применения средств химизации на урожайность яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность, ц/га		Прибавка зерна, ц/га		Оплата 1 кг д.в. NPK зерном, кг
	зерна	соломы	контролю	фону	
1. Без удобрений	35,1	23,1	-	-	-
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	66,2	46,0	31,1	-	13,5
3. Фон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	64,8	43,4	29,7	-1,4	12,9
4. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	65,2	37,2	30,1	-1,0	13,1
5. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50}$	67,3	40,3	32,2	1,1	14,0
6. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	69,6	49,9	34,5	3,4	13,8
7. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	70,8	50,9	35,7	4,6	13,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	55,3	29,5	20,2	-10,9	8,8
НСР ₀₅	3,2	3,9			

Понятие качества зерна включает до трех десятков признаков, которые можно объединить в следующие группы: физические показатели – натура, масса 1000 зерен, стекловидность и т.д.; химические показатели – содержание белка, клейковины, крахмала, клетчатки, растворимых углеводов, жира, зольных элементов и др.; хлебопекарные и технологические свойства муки. Проблема повышения качества зерна, идущего на корм, представлена в основном двумя сторонами:

1. Увеличение общего количества белка в зерне;
2. Повышение биологической ценности белка, обусловленной аминокислотным составом.

Недостаток и низкая биологическая ценность белка в кормах приводят к их перерасходу и как следствие этого – к повышению себестоимости животноводческой продукции.

Хлебопекарные показатели качества зерна можно разделить на прямые и косвенные. К прямым относится пробная лабораторная выпечка хлеба с последующим определением объемного выхода его из 100 г муки и оценкой органолептических показателей. Косвенные показатели характеризуют содержание белка, количество и качество клейковины, число падения и ряд других. Среди химических веществ зерна основным является белок. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение минеральных удобрений, и в первую очередь азотных, способствовало не только увеличению урожайности, но и улучшению качества зерна яровой пшеницы Рассвет. Применение возрастающих доз азота способствовало увеличению содержания сырого белка в зерне яровой пшеницы сорта Рассвет с 10,1 до 13,1% (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние систем удобрения на качество зерна яровой пшеницы
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масса 1000 семян, г	Клейковина, %
1. Без удобрений	9,9	367	38,6	26,3
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	10,1	407	38,7	26,7
3. Фон 1+N ₃₀	10,7	521	38,5	
4. Фон 1+N ₆₀	10,9	562	38,2	28,3
5. Фон 1+N ₉₀	12,1	637	38,8	
6. Фон 1+N ₆₀ P ₃₀	11,5	595	39,0	29,6
7. Фон 1+N ₆₀ K ₆₀	11,0	571	39,7	28,5
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	10,3	443	39,7	
9. Фон 2+N ₃₀	10,7	566	39,7	
10. Фон 2+N ₆₀	11,3	616	39,2	29,4
11. Фон 2+N ₉₀	11,8	654	39,1	
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	10,2	467	39,5	
13. Фон 3+N ₃₀	10,7	564	39,5	
14. Фон 3+N ₆₀	11,4	651	39,2	30,0
15. Фон 3+N ₉₀	12,3	704	38,8	
16. Фон 3+N ₆₀₊₃₀	12,7	744	38,4	32,0
17. Фон 3+N ₆₀₊₃₀₊₃₀	13,1	768	38,6	32,5
НСР ₀₅	0,6	29	1,2	

* – последствие 40 т/га органических удобрений

Максимальное содержание и сбор сырого белка (соответственно 13,1% и 768 кг/га) получены в варианте с трехкратным внесением 120 кг/га д.в. азота в основное внесение, в стадии первого узла и колошения на фоне P₆₀K₁₂₀, хотя урожайность зерна в данном варианте не превышала урожайности в варианте с внесением N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀. Что касается массы 1000 зерен, то здесь наблюдается тенденция к снижению крупности зерен при возрастании доз азота на всех фонах применения удобрений, за исключением варианта с внесением N₉₀ на фоне последствие 40 т/га органических удобрений.

Одним из основных показателей качества продовольственной пшеницы, определяющих хлебопекарные свойства муки, является содержание и качество клейковины, так как качество хлебных продуктов зависит, прежде всего, от уровня содержания белков и способности белкового комплекса пшеницы образовывать клейковину с высокой эластичностью, средней растяжимостью, в меру упругую. Клейковина представляет собой белковый студень, остающийся после промывания теста водой и удаления из него крахмала, клетчатки и водорастворимых веществ. Она определяет упругоэластичные свойства теста, от которых зависит пригодность муки для использования в технологическом процессе и которыми определяется объемный выход хлеба и структура мякиша.

Клейковина обладает очень важными физическими свойствами: упругостью, растяжимостью и эластичностью, играющими решающую роль в формировании пористого каркаса пшеничного хлеба. Упруго-эластичные свойства клейковины оцениваются по индексу деформации ее в единицах шкалы

прибора ИДК-1 и выражаются группой качества: I группа – хорошая (45-75 ед.), II группа – удовлетворительно крепкая (20-40 ед.) и удовлетворительно слабая (80-100 ед.), III группа – неудовлетворительно слабая (105-120 ед.) и IV – неудовлетворительная крепкая (0-15 ед.).

Применение минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве способствовало увеличению содержания клейковины в зерне пшеницы с 26,3 до 32,5%, причем независимо от системы удобрения клейковина соответствовала 1-ой группе качества (табл. 3).

При возделывании яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой супесчаной почве при оптимальной урожайности 69,6-70,8 ц/га получен и максимальный в опыте сбор белка 801-822 кг/га (табл. 4). Содержание белка в зерне изменялось от 8,4% в варианте без удобрений до 13,4-13,5% при внесении $N_{60+30+30}P_{50}K_{90}$ + серон или моддус + Cu_{50} + Mn_{50} . При применении N_{30} в фазу колошения содержание белка увеличилось на 1,2-2,6% и дополнительно получено 193-198 кг/га белка. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты посевов недобор белка составил 108 кг/га.

Масса 1000 зерен – наиболее стабильный элемент продуктивности зерновых культур, но этот показатель зависит не только от генотипа, но и от внешних условий произрастания культур. Крупность зерна определяется комплексным развитием всех элементов структуры урожая, их соотношением, ассимиляционными возможностями растения, запасами органического вещества, которыми оно располагает к началу налива.

Таблица 4

Влияние комплексного применения средств химизации на качество зерна яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Сбор белка, кг/га	Клейковина, %	ИДК
1. Без удобрений	38,1	8,4	253	17,7	71
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	43,8	11,6	658	25,6	73
3. Фон + Cu_{50} + Mn_{50}	41,4	11,5	641	26,2	66
4. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50}	42,1	10,8	603	25,1	74
5. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50}	42,5	12,3	629	26,2	74
6. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	41,5	13,4	801	27,2	70
7. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	42,7	13,5	822	27,6	72
8. Фон – без фунгицидов и инсектицидов	42,9	11,5	550	25,4	74
$НСР_{05}$	1,9	0,6		1,6	3,6

Масса 1000 зерен в зависимости от системы удобрения изменялась от 38,1 г в варианте без удобрений до 43,8 г при применении $N_{60+30}P_{50}K_{90}$. При применении микроэлементов и регуляторов роста наблюдалась тенденция к снижению массы 1000 зерен.

Минеральные удобрения повышали содержание клейковины на 7,4-8,5%. Самое высокое в опыте содержание клейковины 27,2-27,6% характерно для вариантов с комплексным применением средств химизации. Уруго-эластичные свойства клейковины, оцениваемые по индексу деформации ее на приборе ИДК-1, отвечали 1 группе качества – хорошие (66-74 ед.) (табл. 4).

Питательная ценность зерна злаковых культур большей частью зависит не только от содержания белка, но и от аминокислотного состава. Чем ближе белок зерна по аминокислотному составу приближается к белкам самих животных, тем эффективность его использования выше.

Аминокислотный состав отдельных белков стабилен, так как определяется генетическим фактором, но условия выращивания культуры, а именно: минеральные удобрения, микроэлементы и ряд других факторов – могут изменять соотношения между количеством отдельных белков, которые строго специфичны по аминокислотному составу. Изменение количества отдельных белков приводит к изменению аминокислотного состава белкового комплекса растений.

При возделывании яровой пшеницы Рассвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение минеральных удобрений способствовало увеличению в зерне незаменимых и критических аминокислот, в том числе и такой важной для сбалансированного питания человека аминокислоты, как лизин. Минеральные удобрения увеличивали содержание незаменимых аминокислот в зерне пшеницы с 28,64 до 36,24 г/кг, критических – с 7,92 до 10,17 г/кг зерна, а лизина – с 2,91 до 3,71 г/кг зерна (табл. 5).

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	3,18	3,46	1,96	4,84	4,14	7,35	5,45	8,60	30,38
2. Послед. навоза, 40 т/га	2,91	3,34	1,67	4,68	4,01	6,96	5,08	7,92	28,64
4. N ₆₀	3,12	3,46	1,74	4,85	4,29	7,32	5,35	8,33	30,14
6. N ₆₀ P ₃₀	3,22	3,82	1,86	5,19	4,54	7,73	5,76	8,89	32,10
7. N ₆₀ K ₆₀	3,21	3,89	1,98	5,18	4,36	7,65	5,64	9,08	31,89
10. N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	3,24	3,91	1,97	5,20	4,49	7,71	5,74	9,13	32,27
14. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,37	3,84	1,71	5,34	4,65	7,77	5,89	8,92	32,57
16. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,71	4,10	2,10	5,53	5,06	8,43	6,37	9,91	35,30
17. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,62	4,35	2,21	5,79	5,12	8,59	6,58	10,17	36,24

Белковость зерна и его аминокислотный состав не являются решающими показателями его питательности и эффективности используемой технологии возделывания. Поэтому для более полной оценки качества белка определяли биологическую ценность получаемой продукции. Под биологической ценностью белка понимают его способность обеспечивать нормальный рост, жизнедеятельность и продуктивность животного организма. Биологическую ценность белка пшеницы оценивали по «химическому числу», где каждая незаменимая аминокислота белка выражается в процентном отношении к содержанию этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца и «аминокислотному скору», который аналогичен методу «химического числа», однако в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы используется шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (шкала ФАО/ВОЗ). Расчетные методы биологической ценности белка зерна яровой пшеницы сорта Рассвет показали довольно благоприятное содержание незаменимых и критических аминокислот в белке как в сравнении с цельным куриным яйцом, так и рекомендуемыми нормами ООН и Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ) (табл. 6).

Таблица 6

Биологическая ценность белка зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание лизина, мг/г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
1. Без удобрений	35,6	71	55	61,3	84,5	81,4	108,5
2. Послед. навоза, 40 т/га	31,4	71	55	54,9	77,9	72,8	100,0
4. N ₆₀	30,9	71	55	52,9	75,3	70,2	96,6
6. N ₆₀ P ₃₀	30,3	71	55	53,2	75,4	70,7	96,8
7. N ₆₀ K ₆₀	31,6	71	55	57,7	79,0	76,6	101,3
10. N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	31,3	71	55	56,5	77,9	75,0	100,0
14. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	32,1	71	55	54,4	77,7	72,3	99,7
16. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	31,8	71	55	54,1	75,2	71,8	96,5
17. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	30,3	71	55	53,9	75,0	71,6	96,2

Лимитирующей аминокислотой в белке зерна яровой пшеницы оказался лизин – её содержание составило 30,3-35,6 г/кг белка или 55,1-64,7% от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ, в то время как содержание суммы критических аминокислот составило 70,2-81,4%, а незаменимых аминокислот – 96,2-108,5% от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ.

При возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве комплексное применение средств химизации способствовало увеличению в зерне незаменимых аминокислот. Минеральные удобрения и средства химизации (регуляторы роста, фунгициды и инсектициды) увеличивали содержание незаменимых аминокислот в зерне пшеницы с 24,29 до 28,02 г/кг, критических – с 7,84 до 8,01 г/кг зерна, в том числе треонина с 3,10 до 3,51 г/кг зерна. При применении микроэлементов и регуляторов роста отмечено снижение содержания лизина и метионина. При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты содержание критических аминокислот по сравнению с фоном снизилось на 0,74 г/кг зерна (9,44%), в том числе лизина – на 0,49 г/кг, треонина – на 0,08 и метионина – на 0,17 г/кг (табл. 7).

Таблица 7

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	2,15	2,39	1,43	3,06	2,13	5,05	3,31	5,97	19,52
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	2,70	3,10	2,04	3,29	2,37	6,57	4,22	7,84	24,29
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,44	3,30	1,87	3,77	3,57	7,00	5,36	7,61	27,31
4. Фон+серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,25	3,13	1,77	3,82	3,46	6,39	5,19	7,15	26,01
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	2,48	3,37	1,86	3,87	3,61	7,05	5,35	7,71	27,59
6. Фон+ серон + Cu ₅₀ +Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,40	3,48	1,94	3,90	2,97	6,96	4,70	7,82	26,35
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,54	3,51	1,96	3,90	3,64	7,10	5,37	8,01	28,02
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	2,21	3,02	1,87	3,91	3,49	6,34	5,24	7,10	26,08

Известно, что лимитирующими аминокислотами для яровой пшеницы являются лизин и лейцин [5]. Однако в наших исследованиях лимитирующей аминокислотой был метионин, содержание которого изменялось в пределах 14,48-17,59 г/кг белка. Лимитирующими аминокислотами были также лизин и треонин. При применении макро- и микроэлементов, регуляторов роста и средств защиты содержание в белке лизина снизилось на 2,32-7,69 г/кг. Содержание метионина при внесении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ и на этом фоне + моддус + Cu₅₀ + Mn₅₀ повысилось на 0,57-0,04 г/кг белка соответственно, а в остальных вариантах снизилось на 1,20-3,11 г/кг белка. Самое низкое в опыте содержание треонина обнаружено при применении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ + серон или моддус + Cu₅₀+Mn₅₀ + N₃₀ (колошение) – 25,97-26,00 г/кг белка. При внесении N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ содержание всех незаменимых аминокислот снизилось (табл. 8).

Таблица 8

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав белка яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве, г/кг

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Σ АКкр	Σ АКн
1. Без удобрений	25,60	28,45	17,02	36,43	25,36	60,12	39,40	71,1	232,4
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	23,28	26,72	17,59	28,36	20,43	56,64	36,38	67,6	209,4
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	21,22	28,70	16,26	32,78	31,04	60,87	46,61	66,2	237,5
4. Фон+серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	20,83	28,98	16,39	35,37	32,04	59,17	48,06	66,2	240,8
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	22,75	30,92	17,06	35,50	33,12	64,68	49,08	70,7	253,1
6. Фон+ серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	17,91	25,97	14,48	29,10	22,16	51,94	35,07	58,4	196,6
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	18,81	26,00	14,52	28,89	26,96	52,59	39,78	59,3	207,6
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	19,05	26,03	16,12	33,71	30,09	54,66	45,17	61,2	224,8

При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты на фоне N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ сумма критических аминокислот снизилась на 6,4 г/кг белка, а сумма незаменимых аминокислот увеличилась на 15,2 г/кг за счет увеличения содержания валина, изолейцина и фенилаланина.

Что касается биологической ценности (способность обеспечивать нормальный рост, жизнедеятельность и продуктивность животного организма) белка пшеницы, то она как по незаменимым, так и по критическим аминокислотам была значительно ниже рекомендованных норм как по химическому числу (цельное яйцо), так и по нормам ФАО/ВОЗ (аминокислотный скор).

Биологическая ценность белка пшеницы по лизину составила только 25,2-36,0%, а по метионину – 37,1-43,7% от рекомендованного химического числа (цельное яйцо) и 32,6-46,5% и 60,3-73,3% соответственно по нормам ФАО/ВОЗ. Применение минеральных удобрений N₆₀₊₃₀P₅₀K₉₀ приводило к снижению биологической ценности белка пшеницы как по химическому числу, так и по аминокислотному скору.

При отсутствии фунгицидной и инсектицидной защиты на фоне $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ биологическая ценность белка по незаменимым кислотам (АКн) повышалась на 4,7% (химическое число) и 5,9% (аминокислотный скор) (табл. 9).

Таблица 9

Биологическая ценность белка зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Содержание лизина, г/кг белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВО 3	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
1. Без удобрений	25,60	71	55	46,3	57,0	62,9	74,8
2. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ – фон	23,28	71	55	44,5	51,4	60,8	67,9
3. Фон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	21,22	71	55	43,8	58,9	59,4	77,3
4. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50}$	20,83	71	55	43,9	60,0	59,5	78,8
5. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50}$	22,75	71	55	46,7	62,8	63,3	82,3
6. Фон + серон + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	17,91	71	55	38,8	48,6	52,6	63,7
7. Фон + моддус + $Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30}$ (колошение)	18,81	71	55	39,3	51,6	53,2	67,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	19,05	71	55	40,8	56,1	55,6	73,8

Важным показателем оценки эффективности системы удобрения при возделывании яровой пшеницы является содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции, которое используют для определения хозяйственного и удельного выноса, а значения указанных показателей применяют для расчета баланса элементов питания, а также доз удобрений (табл. 10, 11).

Таблица 10

Содержание основных элементов питания в зерне и соломе яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание элементов питания, % в сухом веществе									
	Зерно					Солома				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,59	0,86	0,51	0,05	0,20	0,41	0,18	0,99	0,15	0,14
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	1,62	0,89	0,54	0,04	0,22	0,42	0,21	1,18	0,14	0,13
3. Фон 1 + N_{30}	1,71	0,90	0,54	0,04	0,19	0,46	0,23	1,27	0,13	0,12
4. Фон 1 + N_{60}	1,75	0,90	0,55	0,05	0,20	0,48	0,24	1,39	0,14	0,12
5. Фон 1 + N_{90}	1,94	0,91	0,56	0,05	0,23	0,55	0,25	1,42	0,15	0,12
6. Фон 1 + $N_{60}P_{30}$	1,85	0,90	0,52	0,06	0,20	0,52	0,24	1,59	0,14	0,13
7. Фон 1 + $N_{60}K_{60}$	1,77	0,87	0,59	0,06	0,21	0,50	0,21	1,78	0,13	0,13
8. Навоз + $P_{30}K_{60}$ – фон 2	1,64	0,92	0,56	0,04	0,21	0,43	0,23	1,46	0,15	0,12
9. Фон 2 + N_{30}	1,72	0,91	0,56	0,05	0,20	0,47	0,21	1,67	0,14	0,13
10. Фон 2 + N_{60}	1,81	0,89	0,56	0,05	0,22	0,55	0,25	1,77	0,15	0,12
11. Фон 2 + N_{90}	1,89	0,92	0,57	0,05	0,22	0,56	0,24	1,90	0,15	0,12
12. Навоз + $P_{60}K_{120}$ – фон 3	1,63	0,92	0,57	0,05	0,21	0,43	0,25	1,82	0,14	0,12
13. Фон 3 + N_{30}	1,72	0,92	0,58	0,06	0,20	0,52	0,24	2,00	0,14	0,12
14. Фон 3 + N_{60}	1,83	0,88	0,56	0,06	0,19	0,56	0,25	2,19	0,15	0,11
15. Фон 3 + N_{90}	1,97	0,91	0,57	0,05	0,21	0,60	0,26	2,28	0,15	0,11
16. Фон 3 + N_{60+30}	2,03	0,88	0,56	0,05	0,21	0,60	0,26	2,26	0,15	0,11
17. Фон 3 + $N_{60+30+30}$	2,10	0,92	0,56	0,05	0,22	0,67	0,27	2,22	0,16	0,12
НСР ₀₅	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,06	0,01	0,01

* – последствие 40 т/га органических удобрений

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве как в зерне, так и в соломе, содержание азота, фосфора и калия увеличивалось с нарастанием доз внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений. Содержание кальция и магния в зерне и соломе яровой пшеницы характеризовали постоянные величины, независимые от применяемой системы удобрения и погодных условий. В оптимальном по урожайности варианте с применением $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ содержание основных элементов питания в зерне составило: азота – 2,03%, фосфора – 0,88, калия – 0,56, кальция – 0,05 и магния – 0,21%; в соломе: азота – 0,60%, фосфора – 0,26, калия – 2,26, кальция – 0,15 и магния – 0,11% (табл. 10).

При возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве содержание основных элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний) в зерне и соломе, влияющих на биохимические и физиологические процессы, протекающие в клетках растений в период вегетации, и, следовательно, на урожай и его качество, в основном, варьировало в пределах ошибки опыта, кроме азота в зерне (табл. 11).

Таблица 11

Влияние комплексного применения средств химизации на содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве, % в сухом веществе

Вариант	Зерно					Солома				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,34	0,81	0,50	0,02	0,17	0,40	0,38	0,24	0,12	0,16
2. N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	1,85	0,81	0,47	0,04	0,17	0,46	0,35	0,69	0,13	0,27
3. Фон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	1,84	0,88	0,50	0,03	0,18	0,51	0,35	0,93	0,13	0,17
4. Фон+серон +Cu ₅₀ +Mn ₅₀	1,72	0,85	0,50	0,03	0,18	0,49	0,36	0,83	0,14	0,18
5. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀	1,74	0,86	0,50	0,03	0,18	0,51	0,36	0,84	0,14	0,18
6. Фон + серон + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,14	0,89	0,48	0,02	0,18	0,49	0,34	0,82	0,13	0,17
7. Фон + моддус + Cu ₅₀ + Mn ₅₀ + N ₃₀ (колошение)	2,16	0,90	0,50	0,03	0,18	0,51	0,36	0,84	0,14	0,18
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	1,85	0,84	0,49	0,01	0,18	0,47	0,38	0,51	0,15	0,16
HCP ₀₅	0,14	0,08	0,03	0,001	0,01	0,06	0,03	0,04	0,01	0,01

Содержание азота изменялось в зависимости от применяемой системы удобрения от 1,34% в варианте без удобрений до 2,14% и 2,16% при применении N₆₀+N₃₀P₅₀K₉₀+ серон или моддус +Cu₅₀+Mn₅₀ + N₃₀ в фазу колошение. Содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы Рассвет при комплексном применении микроэлементов (30 кг/га д.в. карбамида в фазу колошения и фунгицида) имело тенденцию к увеличению как в зерне, так и в соломе.

Содержание элементов питания в растениях является довольно изменчивым показателем, который определяется рядом факторов (погодными условиями, обеспеченностью почвы элементами питания и т.п.). Поэтому наиболее объективным показателем эффективности применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры является величина хозяйственного и удельного выноса элементов минерального питания (табл. 12).

Таблица 12

Вынос основных элементов питания яровой пшеницей на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Вынос с 1 т основной (при соответствующем количестве побочной) продукции, кг				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	72,3	37,5	52,3	6,8	12,3	16,9	8,8	12,2	1,6	2,9
2. Навоз, 40 т/га – фон 1*	80,8	43,6	66,6	7,1	13,5	17,3	9,3	14,3	1,5	2,9
3. Фон 1+N ₃₀	103,2	53,7	81,2	7,9	14,5	18,2	9,5	14,3	1,4	2,6
4. Фон 1+N ₆₀	112,1	57,2	90,9	8,7	15,9	18,7	9,6	15,2	1,5	2,7
5. Фон 1+N ₉₀	129,0	59,5	98,0	9,7	18,0	21,1	9,7	16,0	1,6	2,9
6. Фон 1+N ₆₀ P ₃₀	119,6	57,7	100,1	9,4	16,0	19,9	9,6	16,6	1,6	2,7
7. Фон 1+N ₆₀ K ₆₀	115,1	54,9	112,1	9,0	16,9	19,1	9,1	18,6	1,5	2,8
8. Навоз + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	88,2	48,7	83,6	7,9	14,3	17,6	9,7	16,6	1,6	2,8
9. Фон 2+N ₃₀	112,9	57,7	107,8	9,6	16,5	18,3	9,4	17,5	1,6	2,7
10. Фон 2+N ₆₀	126,6	61,1	119,7	10,5	18,0	19,9	9,6	18,7	1,7	2,8
11. Фон 2+N ₉₀	133,8	63,8	129,5	10,9	19,1	20,7	9,9	20,0	1,7	3,0
12. Навоз + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	93,7	52,9	106,0	8,7	14,9	17,5	9,9	19,8	1,6	2,8
13. Фон 3+N ₃₀	115,2	59,4	125,2	10,0	16,5	18,8	9,7	20,3	1,6	2,7
14. Фон 3+N ₆₀	133,3	62,9	144,8	10,8	17,1	20,1	9,5	21,8	1,7	2,6
15. Фон 3+N ₉₀	144,5	65,6	151,1	10,9	17,9	21,6	9,8	22,6	1,7	2,7
16. Фон 3+N ₆₀₊₃₀	150,7	65,5	152,0	10,9	18,5	22,0	9,6	22,2	1,6	2,7
17. Фон 3+N ₆₀₊₃₀₊₃₀	159,0	68,1	150,8	11,6	19,3	23,3	10,0	22,0	1,7	2,8

При возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве растения яровой пшеницы накапливали в больших количествах азот и калий, затем – фосфор, магний и кальций, при этом общий вынос азота составил 72,3-159,0 кг/га, калия – 52,3-150,8, фосфора – 37,5-68,1, магния – 12,3-19,3 и кальция – 6,8-11,6 кг/га.

Более стабильным показателем выноса элементов питания является удельный вынос с 1 тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции, значения которого для яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составили: азота – 16,9-23,3 кг, фосфора – 8,8-10,0, калия – 12,2-22,6, кальция – 1,4-1,7 и магния – 2,6-3,0 кг. В варианте, где получена максимальная урожайность в опыте удельный вынос азота с 1 тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции составил 22,0 кг, фосфора – 9,6, калия – 22,2, кальция – 1,6, магния – 2,7 кг.

Максимальный общий и удельный вынос элементов питания растениями яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве характерен для вариантов с оптимальной урожайностью при применении всех средств химизации ($N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + серон или моддус + $Cu_{50}+Mn_{50}$ + N_{30} в фазу колошение) (табл. 13).

Общий вынос элементов питания яровой пшеницей в этих вариантах следующий: азот 149,1-153,8, фосфор 67,9-70,6, калий 63,9-67,2, CaO 6,8-8,0, MgO 18,1-18,8 кг/га и вынос с 1 тонной основной при соответствующем количестве побочной продукции (удельный): азот 21,4-21,7, P_2O_5 9,8-10,0, K_2O 9,2-9,5, CaO 1,0-1,1, MgO 2,6-2,7 кг/т. При применении минеральных удобрений и средств химизации хозяйственный вынос элементов питания яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве увеличивается в два-три раза.

Таблица 13

Влияние комплексного применения средств химизации на общий и удельный вынос элементов питания пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Общий (хозяйственный) вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1. Без удобрений	48,4	32,0	19,9	3,0	8,3	13,8	9,1	5,7	0,9	2,4
2. $N_{60}+N_{30}P_{50}K_{90}$ – фон	123,5	60,0	54,1	7,4	20,4	18,7	9,1	8,2	1,1	3,1
3. $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + Cu_{50} + Mn_{50}	121,6	62,1	62,6	6,5	16,4	18,8	9,6	9,7	1,0	2,5
4. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50}	112,1	59,2	54,6	6,2	15,9	17,2	9,1	8,4	0,9	2,4
5. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50}	118,4	62,3	58,1	6,6	16,7	17,6	9,2	8,6	1,0	2,5
6. Фон + серон + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	149,1	67,9	63,9	6,8	18,1	21,4	9,8	9,2	1,0	2,6
7. Фон + моддус + Cu_{50} + Mn_{50} + N_{30} (колошение)	153,8	70,6	67,2	8,0	18,8	21,7	10,0	9,5	1,1	2,7
8. Фон без фунгицидов и инсектицидов	99,9	49,6	36,2	4,3	12,6	18,1	9,0	6,6	0,8	2,3

Таким образом установлено, что при внесении $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ и $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ + Cu_{50} + Mn_{50} + серон или моддус + N_{30} (колошение) при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах формируется урожайность на уровне 68-71 ц/га. Масса 1000 зерен при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем по опыту на 4,5 г больше, содержание сырого белка выше на 1,0%, а сбор сырого белка больше на 78 кг/га, чем на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Однако содержание клейковины, незаменимых и критических аминокислот и биологическая ценность белка выше в яровой пшенице при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Удельный вынос элементов питания яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах увеличивается при применении минеральных удобрений и средств химизации, а также при нарастании доз минеральных удобрений.

Удельный вынос калия и кальция яровой пшеницей при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве почти в два раза выше, чем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. реглам. / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.] – Мн.: Белорусская наука, 2005. – 460 с.

3. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2005. – 14 с.

4. Купцов, Н.С. Роль белка и его аминокислотный состав в основных зернофуражных культурах / Н.С. Купцов, В.Ч. Шор // Наше сельское хозяйство. – №5. – 2009. – С. 8-13.

5. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с.

EFFICIENCY OF COMPLEX APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND CHEMICALIZATION MEANS AT SPRING WHEAT CULTIVATION ON LUVISOL SOILS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, M.M. Lomonos, O.H. Kulesh, A.A. Gracheva

Summary

At cultivation of spring wheat on luvisol soils productivity at level 68-71 c/ha is formed at entering $N_{60}+N_{30}P_{60}K_{120}$ and $N_{60}+N_{30}P_{50}K_{90} + Cu_{50} + Mn_{50} + \text{seron or moddus} + N_{30}$ (stage 51-53). Thus the weight of 1000 grains on 4,5 g is more, the content of crude fiber on 1,0% above, and its gathering on 78 kg/ha is more at wheat cultivation on luvisol sand soil. However the maintenance irreplaceable and critical amino acids and biological value of fiber above in spring wheat at cultivation on luvisol loamy soil.

Specific carrying out of nutritional elements by spring wheat at cultivation on luvisol soils increases at application of mineral fertilizers and chemicalization means, and also at increase of doses of mineral fertilizers.

Specific carrying out potassium and calcium by spring wheat at cultivation on luvisol loamy soil almost twice above, than at cultivation on luvisol sandy soil.

Поступила 15 марта 2010 г.