

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ

Г.П. Воронова, С.Н. Пантелей, С.И. Ракач, Т.В. Петрашевская

*РУП «Институт рыбного хозяйства»,
220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22,
e-mail: belniirh@tut.by*

IMPROVEMENT OF APPLICATION METHODS OF MINERAL FERTILIZERS IN FISH BREEDING PONDS

G.P. Voronova, S.N. Pantelei, S.I. Rakach, T.V. Petrasheuskaya

*RUE "Fish industry institute",
220024, Stebeneva str., 22, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: belniirh@tut.by*

Резюме. Разработаны разовые нормы внесения 3 компонентных удобрений (N:P:K) в пруды для стимуляции интенсивности фотосинтеза и развития первичного звена при выращивании поликультуры рыб. Показано, что 4-х разовое применение 3-х компонентных удобрений приводит к увеличению общей и естественной рыбопродуктивности при снижении затрат кормов и минеральных удобрений.

Ключевые слова: биогены, азот, фосфор, калий, нормы удобрений, рыбоводные пруды, рыбопродуктивность.

Abstract. There were developed one time norms of introducing 3 components fertilizers (N:P:K) into the ponds for promoting photosynthesis and development of primary link at growing fish polyculture. It is shown that 4 times application of 3 components fertilizers results in increase of total and natural fish capacity at reduction of consumption feed stuffs and mineral fertilizers.

Key words: Biogenes, nitrogen, phosphorous, potassium, norms of fertilizers, fish breeding ponds, fish capacity.

Введение. Удобрение прудов относится к одному из основных средств интенсификации рыбоводства. Воздействуя на среду обитания рыб, минеральные удобрения создают условия, способствующие увеличению запасов естественной пищи, улучшению гидрохимического режима прудов и повышения их естественной продуктивности. В настоящее время, в связи с переходом рыбоводных хозяйств на широкое выращивание поликультуры рыб, где доля растительоядных рыб в рыбопродукции должна составлять до 50 %,

возникла необходимость совершенствования методов удобрения прудов, направленных как на интенсификацию роста карпа, так и растительноядных рыб (белого и пестрого толстолобиков, гибридов толстолобиков, белого амура), основной пищей которых являются микроводоросли и макрофиты, требующие для своего развития, наряду с азотом и фосфором, калий. Потребность в калии особенно проявляется в прудовых хозяйствах, построенных на торфяно-болотных и песчаных почвах, которые составляют до 90 % прудового фонда республики.

Калий, наряду с азотом и фосфором, относится к главным элементам питания растений. Недостаток калия вызывает нарушения углеводного и белкового обмена веществ у растений, снижение фотосинтеза, увеличение затрат углеводов на дыхание, приводит к снижению качества и продуктивности растений [1, 2]. Если в сельском хозяйстве нормы внесения калия под отдельные виды культур разработаны и составляют в зависимости от типа почв от 40 до 200 кг K_2O на 1 га [3], то нормативов по внесению калия в рыбоводные пруды для стимуляции развития первичной продукции и кормовой базы нет. Имеющиеся в литературе сведения по использованию в рыбоводных прудах сложных видов удобрений и смесей, в состав которых наряду с азотом и фосфором входит калий в разных соотношениях, свидетельствует о положительном влиянии калия на процессы фотосинтеза, интенсивность продуцирования водорослей, развитие кормовой базы и рыбопродуктивность [4,5,6 и др.]. В то же время нормы внесения калия в пруды до сих пор не разработаны. Применение же комплексных удобрений, включающих калий, может не соответствовать потребности прудов в калии и других видов биогенов, привести к непроизводительным затратам минеральных удобрений в прудах.

Цель работы – разработать разовые нормы внесения калия в рыбоводные пруды Беларуси совместно с азотно-фосфорными удобрениями.

Материал и методика. Разовые нормы внесения калия совместно с азотом и фосфором отрабатывались в опытах при определении эффективности

использования биогенов водорослями в процессе фотосинтеза и деструкции. Интенсивность фотосинтеза и деструкцию планктона оценивали скляночным методом [7].

Для выяснения оптимальной нормы внесения калия в пруды в лабораторных условиях испытывали его влияние на интенсивность фотосинтеза в концентрациях от 0,5 до 3,0 мгК/л (0,5;1,0;2,0;3,0 мгК/л). Опыты проводили с двойной повторностью, при температуре воды 20°C.

Для определения нормы внесения азота и фосфора совместно с оптимальной нормой калия испытывали влияние азота на интенсивность фотосинтеза в концентрациях от 0,5 до 2,0 мгN/л (0,5;1,0;2,0;3,0 мгN/л) и фосфора от 0,125 до 0,5 мгP/л (0,125; 0,25; 0,5 мгP/л). Опыты проводили непосредственно в пруду при температуре воды 25,4°C.

Отработку норм внесения трехкомпонентного удобрения проводили на экспериментальных прудах рыбхоза "Вилейка", Минской области в 2014г., отведенных под выращивание товарной рыбы. Пруды зарыблялись двухгодовиками карпа и белого амура и 3-х годовиками пестрого толстолобика из расчета 1,449 тыс. экз/га.

В качестве калийного удобрения использовали хлористый калий (KCl) и сильвинит (KCl+NaCl), которые вносили по воде.

Потребность прудов в удобрениях контролировалась по развитию фитопланктона и прозрачности воды.

Результаты исследования и обсуждение. Исследованиями, проведенными в лабораторных условиях, при отработке разовых норм внесения калия в пруды для стимуляции фотосинтеза и первичной продукции, было выявлено, что внесение калия в опытные склянки в концентрациях от 1,0 до 3,0 мг/л при содержании в воде азота из расчета 2 мг/л и фосфора 0,5 мг/л, приводило к приросту валового фотосинтеза планктона на 45-108%. Использование более низких доз калия (0,5 мг К/л) не оказывало адекватного действия на фотосинтез планктона (таблица 1). Наибольший прирост валового

фотосинтеза до $5,3 \text{ мг O}_2/\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$ отмечался при концентрации калия $1,0\text{-}2,0 \text{ мг/л}$ (вариант 2,3).

Таблица 1. – Первичная продукция и деструкция планктона при использовании разных концентраций калия

Вариант	Концентрация калия (С), мг /л	Валовый фотосинтез (А), мг $\text{O}_2/\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	Деструкция планктона (R), мг $\text{O}_2/\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	Чистая продукция планктона (А-R), мг $\text{O}_2/\text{л} \cdot \text{сут}^{-1}$	A/R
1	0,5	2,60	3,60	-1,00	0,72
2	1,0	5,30	3,60	1,70	1,47
3	2,0	5,30	3,60	1,70	1,47
4	3,0	3,70	3,60	0,10	1,03
5 (контроль)	-	2,55	3,60	-1,05	0,71

Деструкция планктона в опытах составляла от 68% (вариант 3,4) до 97% (вариант 5) валового фотосинтеза. В контрольных и опытных склянках при использовании малых доз калия ($0,5 \text{ мг/л}$) процессы деструкции преобладали над фотосинтезом. Учитывая, что прирост валового фотосинтеза при использовании калия в концентрациях $1,0$ и $2,0 \text{ мг/л}$ был идентичен, для рационального применения калия в прудах была взята доза в концентрации $1,0 \text{ мг К/л}$, что составляет на действующее вещество $\text{K}_2\text{O} - 1,2 \text{ мг/л}$.

В опытах по отработке норм внесения азота и фосфора при использовании оптимальной дозы калия (1 мгК/л) было показано, что дополнительное применение калия во всех вариантах опыта приводило к увеличению валового фотосинтеза и чистой первичной продукции планктона на 31-70%, а по отношению к контролю, где биогены не вносились на 53-70% (таблица 2).

Таблица 2. – Интенсивность фотосинтеза и деструкция планктона в прудах при использовании 3-х биогенов (N : P : K)

Вариант	Концентрация* N : P : K, (C) мг/л	Валовый фотосинтез, (A) мг O ₂ /л · сут. ⁻¹	Деструкция планктона (R) мг O ₂ /л · сут. ⁻¹	Чистая продукция планктона (A -R) мг O ₂ /л · сут. ⁻¹	%	A/R
1	2:0,5:1	13,1	8,5	4,6	153	1,5
2	2:0,5	12,0	8,5	3,5	117	1,4
3	1:0,25:1	13,6	8,5	5,1	170	1,6
4	1:0,25	11,5	8,5	3,0	100	1,3
5	0,5:0,125:1	13,1	8,5	4,6	153	1,5
6	0,5:0,125	12,0	8,5	3,5	117	1,4
7 (конт- роль)	–	11,5	8,5	3,0	100	1,3

Примечание: N-азот; P-фосфор; K-калий

При этом максимальный прирост валового фотосинтеза и чистой продукции планктона был отмечен в 3-ем варианте, где соотношение N : P : K составляло 1:0,25:1мг/л (4:1:4), что соответствовало дозе внесения аммиачной селитры, простого суперфосфата и хлористого калия 25:25:19 кг/га (таблица 2).

При использовании в качестве калийного удобрения сильвинита, содержащего соли KCl и NaCl, в котором действующее вещество (K₂O) составляет 16%, что в 3,75 раза ниже, чем в хлористом калии, разовая доза его внесения на действующее вещество (K₂O) в этом случае составит 72 кг/га.

Как показали исследования проведенные на нагульных прудах при выращивании товарной рыбы 4-х разовое внесение трехкомпонентных удобрений в виде указанных доз оказало положительное влияние на гидрохимический режим, кормовую базу и рыбопродуктивность прудов.

Основные показатели гидрохимического режима: содержание в воде опытных прудов растворенного кислорода, окислительно – восстановительный потенциал (pH), перманганатная окисляемость находились в пределах норматива для летних карповых прудов [8] (таблица 3).

Таблица 3. – Гидрохимический режим опытных прудов при внесении 3-х компонентных удобрений (средние показатели)

Показатели	Вариант		
	1* KCl+NP	2* (KCl+NaCl)+NP	3 NP(контроль)
Кислород растворенный, мг/л	10,50	8,0	9,60
Водородный показатель, рН	8,44	7,78	8,16
Температура, °С	18,60	18,60	18,50
Диоксид углерода, мг/л	0,90	7,50	2,40
Гидрокарбонаты, мг/л	148,04	140,90	145,70
Прозрачность, см	57,0	50,0	50,0
Аммонийный азот, мг N/л	0,20	0,27	0,29
Нитраты, мг/л	0,14	0,15	0,15
Нитриты, мг/л	0,002	0,002	0,002
Фосфор минеральный, мг P/л	0,04	0,03	0,02
Кальций, мг/л	27,10	27,90	25,70
Магний, мг/л	8,20	8,20	8,10
Общая жесткость, мг-экв/л	2,0	2,0	2,0
Железо общее, мг/л	0,06	0,16	0,05
Хлориды, мг/л	6,10	6,90	5,0
Сульфаты, мг/л	2,0	3,10	2,50
Окисляемость перманганатная, мг O/л	22,20	20,40	19,90
Общая минерализация, мг/л	191,80	187,0	187,0

Примечание:

KCl – хлористый калий

N – аммиачная селитра

KCl + NaCl – сильвинит

P – простой суперфосфат

Из минеральных форм азота в воде преобладал аммонийный азот, концентрация которого в течении сезона колебалась в пределах от 0,08 до 0,61 мгN/л, в среднем составив 0,20-0,29 мгN/л. Содержание нитратного азота было на уровне 0,10-0,24 мгN/л, нитриты практически отсутствовали.

Минеральный фосфор присутствовал в количестве от 0,003 до 0,13 мгP/л, в среднем составив 0,02-0,04 мгP/л. Анализ содержания в воде минерального фосфора на протяжении сезона показал, что пруды в которые вносились

калийные удобрения в виде хлористого калия и сильвинита были более обеспечены фосфором, чем контрольные пруды (рис.1). Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что внесение калия в пруды способствует мобилизации минерального фосфора из грунтов [6,9].

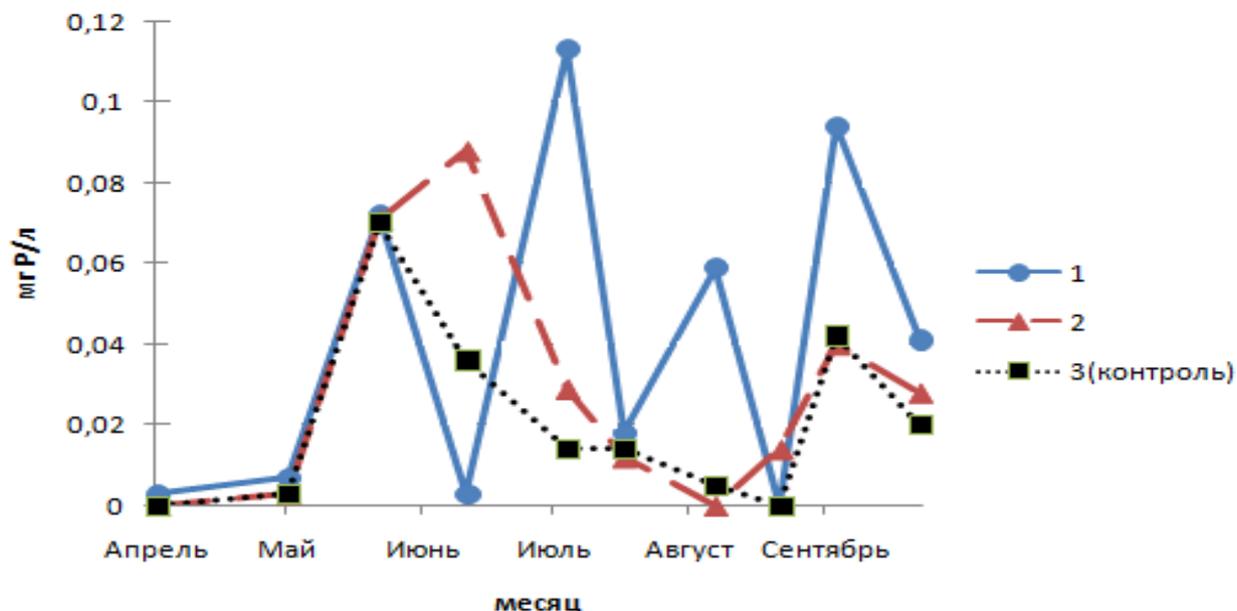


Рисунок 1. - Динамика содержания минерального фосфора в воде прудов при внесении 3-х компонентных удобрений

При использовании калийных удобрений отмечалось увеличение в воде хлоридов, в среднем за сезон на 22-38%, что должно было способствовать профилактике эктопаразитарных заболеваний у рыб (табл. 3).

Дополнительное применение хлористого калия оказывало положительное влияние на развитие фитопланктона и зообентоса. При использовании хлористого калия биомасса и продукция фитопланктона увеличилась по сравнению с контролем в 1,3 раза, продукция в 1,1 раза, биомасса и продукция зообентоса в 2,9 и 3,7 раза, соответственно (таблица 4).

Действие хлористого калия на зоопланктон не обнаружено. Возможно это связано с тем, что в этой группе прудов, где получена наибольшая рыбопродуктивность, зоопланктон испытывал наибольший пресс со стороны рыбы.

Влияние сильвинита, проявилось только на зоопланктоне, биомасса и продукция которого возросла по отношению к контролю в 1,9-2,0 раза.

Таблица 4. – Количественное развитие и продукция гидробионтов в опытных прудах при внесении 3-х компонентных удобрений

Вариант	Вид вносимых удобрений	Бактериопланктон		Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос	
		В, [*] г/м ²	Р, [*] г/м ²	В, г/м ²	Р, г/м ²	В, г/м ²	Р, г/м ²	В, г/м ²	Р, г/м ²
1	KCl +NP	2,05	239,7	13,09	1513,0	6,55	170,0	1,7	22,1
2	KCl+ NP+ NaCl	1,58	210,0	8,75	1264,8	18,92	528,7	0,24	3,0
3 контроль	NP	1,91	226,1	9,89	1344,7	9,71	258,4	0,59	5,9

Примечание В-биомасса, Р-продукция за сезон

Действие калийных удобрений на бактериопланктон не выявлено. Наименьшая концентрация бактерий отмечена во втором варианте, где применяли сильвинит. Снижение концентрации бактериопланктона в этой группе прудов возможно связано с интенсивным развитием зоопланктона, средняя за сезон продукция которого более чем в два раза превышала аналогичную в других вариантах опыта.

Исследования показали, что в прудах, где применяли хлористый калий существенного развития достигали зеленые водоросли (53,6%), представленные преимущественно *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. и синезеленые (30,1%) из рода *Anabaena* Vory. В контрольных и группе прудов, а также в прудах, где использовали сильвинит в биомассе доминировали синезеленые водоросли (50,0-64,1%) из родов *Anabaena* Vory и *Aphanizomenon* A. Morren ex Bornet & Flahault. Субдоминантами были зеленые водоросли.

В биомассе зоопланктона во всех группах прудов доминировали копеподы (50,74-59,12%) в основном представленные взрослой хищной формой из рода *Cyclops*. Доля клadoцер не превышала 36,5%. Во всех группах прудов отмечалось довольно высокое содержание в зоопланктоне коловраток (8,01-13,82%) и мелких фильтраторов (*Bosmina longirostris* F. Müller.), что

способствовало появлению хищных форм зоопланктона не только среди копепод, но и кладоцер.

В видовом составе макрозообентоса на протяжении сезона во всех прудах доминировали личинки хирономид (99-100%), олигохеты и прочие организмы (личинки мокрецов, веснянок, слепней, стрекоз, пиявки) встречались эпизодически. Динамика биомассы зообентоса определялась циклами развития массовых видов хирономид, а также интенсивностью их выедания рыбой.

Анализ рыбоводных данных показал, что дополнительное применение калийных удобрений в виде хлористого калия или сильвинита способствовало увеличению по сравнению с контролем рыбопродукции в опытных прудах на 10-28%, рыбопродуктивности на 17-34%, при этом кормовые затраты снизились на 11-18%. Наибольшая рыбопродуктивность отмечена в группе прудов 1 варианта, где в качестве калийного удобрения применяли хлористый калий (таблица 5).

Таблица 5. – Показатели рыбопродуктивности выращенной товарной рыбы в опытных прудах при использовании 3-х компонентных удобрений.

Вариант	Вид удобрений	Рыбо-продукция, ц/га	Общая рыбо-продуктивность, ц/га	Естественная рыбопродуктивность, ц/га	Затраты корма, ед.
1	KCl+NP	11,51±0,13	7,76±0,47	4,05±0,24	2,2
2	KCl+NaCl+NP	10,48±0,45	6,73±0,32	3,29±0,15	2,4
3	NP	9,48±0,50	5,76±0,25	2,26±0,10	2,7

Примечание: * Затраты корма рассчитаны на прирост рыб, потребляющих комбикорм (каarp, белый амур).

Для этой группы прудов характерны более высокие навески по основным видам рыб: карпу (1,06 кг), белому амуру (1,11 кг) и пестрому толстолобику (2,56 кг).

Если принять, что на 1 кг прироста рыбы затрачивается по нормативу 4,7 кг комбикорма, то в условиях опытных прудов за счет естественной пищи было получено от 2,26 (в контроле) до 4,05 ц/га рыбопродуктивности (в опытных

прудах). Дополнительное применение калийных удобрений способствовало увеличению естественной рыбопродуктивности на 45-79% (таблица 5).

При этом затраты на применение минеральных удобрений по сравнению с нормативом [10] были снижены в зависимости от использования вида калийного удобрения на 38-52% (в ценах текущего года).

Заключение. В результате проведенных исследований разработаны разовые нормы внесения 3-х биогенов в пруды (N:P:K) для стимуляции интенсивности фотосинтеза. Выявлено, что оптимальным соотношением N:P:K является 1,0:0,25:1,0 мг/л. (4:1:4), что соответствует разовой дозе внесения аммиачной селитры, простого суперфосфата и хлористого калия 25:25:19 кг/га., или 25:25:72 кг/га при использовании сильвинита.

Установлено, что 4-х разовое внесение комплекса удобрений в пруды способствовало увеличению общей рыбопродуктивности на 17-35%, естественной на 44-79%, уменьшению кормовых затрат на 11-18% при снижении затрат на минеральные удобрения в зависимости от вида калийных удобрений на 38-52%.

Список использованных источников

1. Гро, А. Практическое руководство по применению удобрений/А. Гро.- М.: Колос, 1966. – 350 С.
2. Оканенко, А.С. Калий, фотосинтез и фосфорный метаболизм у свеклы/ А.С. Оканенко, Б.И. Берштейн .- Киев: Наукова думка, 1969. – 211 С.
3. Унанянц, Т.П. Словарь-справочник по удобрениям/ Т.П. Унанянц.- М.: Россельхозгидрат, 1972. – 220 С.
4. Полищук, В.С. Повышение рыбопродуктивности выростных прудов путем регулирования уровня первичной продукции/ В.С. Полищук, Н.Н. Харитоновна// Биол. основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана.-Ташкент: ФАН, 1983. – С. 118-120
5. Головкин, Г.В. Влияние трехкомпонентных удобрений на формирование кормовой базы при подращивании растительноядных рыб в прудах Ростовской области/ Г.В. Головкин// Сб. научн. трудов. Основные

проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. - 2007. – С. 389-396.

6. Цыганков, И.В. Повышение рыбопродуктивности прудов путем воздействия на их ложе сильвинитом и аммиачной водой/ И.В. Цыганков// Сб. Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. - Минск: Ураджай, 1974. – т. X.- С. 154-165.

7. Винберг, Г.Г. Первичная продукция водоемов // Г.Г. Винберг. – Минск, 1960. – 328С.

8. СТБ 1943-2009. Вода рыбоводческих прудов. Требования. Госстандарт.– Минск, 2009. – 10 С.

9. Воронова, Г.П. Мобилизация биогенов из грунтов разного типа при использовании химических реагентов / Г.П. Воронова [и др.] // Сб. науч. тр. / Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2013. – Вып. 29. – С. 85-95.

10. Ушакова, В.Ф. Нормы потребности прудов в минеральных удобрениях при выращивании рыб в поликультуре для различных зон рыбоводства / В.Ф. Ушакова – Москва, 1998. – 13 С.