

УДК 639.311.043.2:631.82/85(470.61)

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В МАЛЬКОВЫХ ПРУДАХ ДОНСКОГО ЗОНАЛЬНОГО РЫБОПИТОМНИКА

© 2008 г. Г.В. Головки

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002

Поступила в редакцию 17.05.2007 г.

Окончательный вариант получен 13.02.2008 г.

Рассматривается влияние азотно-фосфорно-калийных (NPK) удобрений на формирование кормовой базы и продуктивность рыбоводных прудов ДЗРП Ростовской области, грунты и грунтовые воды которого характеризуются пониженным содержанием калия. Показано его положительное влияние на процесс фотосинтеза и величину первичной продукции, развитие кормовой части фитопланктона, формирование необходимой фауны (коловраток), выживаемость и массу подращиваемых личинок растительноядных рыб и рыбопродуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем прудового рыбоводства является получение жизнестойкого посадочного материала, повышение его выживаемости. Выживание рыб непосредственно связано с обеспеченностью личинок живым кормом, особенно на ранних стадиях развития. Как показали многолетние исследования (Битехтина, Труфанова, 1979), личинки растительноядных рыб при переходе на активное питание, потребляют мелких коловраток, простейших и отличаются большой стенофагией, т.е. практически не переходят на вынужденное питание несвойственными для них организмами. Исходя из этих предпосылок появилась необходимость в разработке новых методов интенсификации естественной кормовой базы, позволяющих целенаправленно и гарантированно формировать развитие гидробионтов в период перехода личинок на активное питание. Одним из способов воздействия на формирование кормовой базы в прудах является применение удобрений.

В монографии И.Н. Харитоновой (1984) указано, что в прудах, удобряемых органическими удобрениями, в частности гидролизными дрожжами и навозом, как правило развиваются крупные ветвистоусые, главным образом *Daphnia magna*. В прудах, удобряемых минеральными удобрениями, в массовом количестве развивается коловратка. Кроме того, изменением режима внесения удобрений можно регулировать не только количество фитопланктона, но и его размерный состав (Лаврентьева, Авинская, 1985).

Анализ существующих технологий удобрения прудовых систем, ставящих целью создание оптимальных условий развития естественной кормовой базы (Применение минеральных удобрений..., 1968; Нормы потребности прудов в минеральных удобрениях..., 1986; Инструкция по повышению естественной рыбопродуктивности..., 1989), показал, что применяемые в настоящее время в рыбоводстве аммиачная селитра и суперфосфат, ставшие в последнее время традиционными удобрениями, не могут обеспечить на юге России сбалансированность прудовых систем по двум причинам (Шевцова, 2002):

- поскольку почвы и воды Нижнего Дона имеют нейтральную или щелочную реакцию среды, фосфор суперфосфата быстро переходит в труднодоступное для гидробионтов состояние и, таким образом, при внесении этих двух видов удобрений, получаем

одностороннее внесение только азота. А использование в щелочных водах такого приема как известкование, способствует по мере гидролиза суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ образованию более основных соединений вплоть до устойчивого гидроксилапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (Эволюция круговорота фосфора..., 1988);

- второй причиной невозможности создания с помощью современных систем удобрений сбалансированности прудовых систем является игнорирование роли калия, поскольку существует мнение, что в водах и почвах находится достаточное его количество. Однако, для пойменных почв Нижнего Дона, на которых расположено большинство рыбоводных хозяйств Ростовской области, характерно пониженное содержание валового калия (0,3-1,2%), тогда как в черноземах его около 2,5%. В пойме Нижнего Дона Г.Н. Шевцовой (2002) выделено четыре района, отличающихся один от другого гидрологическим режимом, степенью засоления, растительностью. Тем не менее, содержание калия в грунтах, донных отложениях и водах невысокое.

В обводненной среде наблюдается уменьшение доступного калия в связи с его необменной фиксацией вторичными минералами с расширяющейся решеткой (иллит, монтморил-лонит, вермикулит) и трансформацией их в гидрослюды (Милло, 1968). Кроме того, следует отметить, что содержание калия в почве выше при кислой реакции среды, чем при нейтральной или щелочной, т.е. в условиях повышенной щелочности создаются условия для дефицита калия (Пчелкин, 1966). А при недостатке калия тормозится множество биохимических процессов, затрагивающих практически все стороны обмена веществ.

В ряде исследований показана тесная корреляция между содержанием калия в клетке и интенсивностью процессов роста. По-видимому, недостаток калия тормозит деление, рост и растяжение клеток (Агрохимия, 1989).

В конце 80-90-х годов прошлого столетия усилился интерес зарубежных стран к соединениям, содержащим калий. Так, практически все калийные удобрения, производящиеся в России, вывозились за ее пределы. Это явление связано с их высокой эффективностью в системе интенсификационных мер.

На важность применения калия указывал еще в 1946 г. А.И. Елеонский в работе «Прудовое рыбоводство», где показано, что даже в богатых калием прудах можно получить положительный эффект (на 30% и даже более) от внесения калийных удобрений, которые, понижая высокую щелочность прудов, мобилизуют находящуюся в них фосфорную кислоту и кальций, что вызывает повышение продуктивности прудов.

Рассматривая влияние калийных удобрений на рыбопродуктивность прудов при поликультуре, И.Н. Харитонova (1987) приводит данные о том, что внесение в пруды калийных солей совместно с азотно-фосфорными удобрениями положительно влияет на продукционные свойства фито- и зоопланктона. Процессы новообразования органического вещества преобладают над процессами разрушения. Продукционные возможности фитопланктона с применением калия оказываются выше в 2-4,1 раза, чем в контроле; выше оказалась и продукция ракообразных. Эти работы показывают эффективность применения калийных соединений в прудовых системах УССР.

Как установлено исследованиями, для пойменных почв (Шевцова, 2000), на которых расположено большинство рыбоводных хозяйств Ростовской области, характерно пониженное содержание валового калия (0,3-1,2%), тогда как в зональных черноземах его около 2,5%; величина валового содержания калия в слое толщиной 20 см в торфяниках, характеризующихся низким содержанием калия составляет 0,02-0,05% (Мартышев, 1973), в составе поглощенных оснований – 0,44-0,50 мг/экв/100 г почвы.

В связи с этими причинами на базе ДЗРП было решено испытать в качестве удобрений вместо плохо растворимого в воде суперфосфата монофосфат калия, применение которого уменьшает трудозатраты за счет его высокой растворимости и одновременно частично восполняет недостаточное содержания калия в среде обитания гидробионтов (Заявка на изобретение №20081000740 с приоритетом от 09.01.08 «Способ интенсификации естественной кормовой базы рыбоводных прудов» находится на рассмотрении в ФИПС Роспатента).

Монофосфат калия (K_2HPO_4) используется в сельском хозяйстве для повышения урожайности и является концентрированным фосфорно-калийным бесхлорным водорастворимым удобрением, совместимым с другими удобрениями и без вредных примесей. Его эффективность достигается за счет высокой усвояемости растениями чистых питательных веществ. Массовая доля общих фосфатов – 50%, массовая доля калия – 33%.

МЕТОДИКА

Опыты проводились в двух вариантах: вариант с азотно-фосфорными удобрениями – НР (контрольный пруд – 0,2 га) и вариант с внесением азотно-фосфорно-калийных удобрений – НРК (опытный пруд – 0,2 га). На третьи сутки после начала залития прудов вместе с током воды внесли удобрения: в контрольный – 50 кг/га аммиачной селитры и 50 кг/га простого суперфосфата; в опытный – 30 кг/га аммиачной селитры, 20 кг/га K_2HPO_4 и 35 кг/га KCl . В опытный и контрольный пруды посадили по 410 тыс. шт. личинок (2,05 млн. экз./га), из них 300 – белого толстолобика, 100 – пестрого, 10 – белого амура. Продолжительность подращивания одинаковая в обоих прудах: для пестрого толстолобика – 24, для белого – 21, для белого амура – 17 суток.

Агрохимический состав грунтов опытных прудов перед заливом велся согласно «Руководству по химическому анализу почв» (Аринушкина, 1970).

Оценка отклика планктоценозов на разный состав удобрений проводился по следующим показателям: определение первичной продукции, анализ качественного и количественного состава фито- и зооценозов. Для анализа структуры сообщества применяли показатель выравненности Пиелу (E) и доминирования Симпсона (C), которые вычисляли по формулам:

$$E = H \lg S,$$

$$C = \sum (b_i/B)^2;$$

$$H = \sum (b_i/B) \cdot \lg (b_i/B),$$

где b_i – биомасса i-го вида, B – общая биомасса фитопланктона на станции, S – число видов (Одум, 1975; Дворецкий, 2007).

Обработку гидробиологических проб осуществляли по «Методике изучения биоценозов внутренних водоемов» (1975). Интенсивность фотосинтеза и деструкции органического вещества изучались скляночным методом в кислородной модификации (Винберг, 1961). Фитопланктон идентифицировали по определителю пресноводных водорослей СССР в 14-ти выпусках. Параллельно отбирались пробы на изучение питания подраживаемых рыб. Анализ качественного и количественного состава пищи рыб при подраживании велся на основе «Методического пособия по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях» (1974). Расчет количества зоопланктона, потребовавшегося на выращивание молоди, проводился с учетом кормовых коэффициентов потребляемого зоопланктона (Винберг, 1968).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Агрохимический анализ почв исследуемых прудов, проведенный перед заливом, показал отсутствие в них фосфора и близкое по величине незначительное содержание гумуса (опытный пруд – 1,65, контрольный пруд – 1,00%). Содержание калия было близким и составляло: в грунтовой воде – 0,008-0,010 г/л, в водной вытяжке из почв прудов до заливки – 0,008%.

Реакция воды прудов – щелочная – в среднем 8,1 единиц рН. В период подраживания рыб резких колебаний температур воды и воздуха не наблюдалось. Средняя температура воды не превышала 27 °С.

По зарастаемости высшей водной растительностью используемые пруды в течение эксперимента практически не отличались. В начальный период они были свободны от высшей водной растительности и лишь к концу по бережьям появились незначительные заросли молодого тростника и осоки, занимающие 3-4% акватории экспериментальных прудов.

Сразу после внесения удобрений в прудах отмечали увеличение концентрации биогенов, которая постепенно снижалась. В воде обоих прудов в течение эксперимента количество азота и фосфора находилось в пределах технологических норм (около 2 мг N/л и 0,5 мг P/л); определение калия в прудовой воде в течение эксперимента, к сожалению, не проводилось.

Новообразование органического вещества

Значения величин валовой и чистой продукции до внесения удобрений были близкими (рис. 1, 2). На 3-и сутки после внесения удобрений, валовая продукция ($\Phi_{\text{вал}}$) в опытном пруде стала в 2 раза выше, чем в контрольном (11,52 и 5,04 мг O_2 /л сутки соответственно), а чистая первичная продукция ($\Phi_{\text{чист}}$) – в 3 раза.

На 9-е сутки после внесения удобрений в опытном пруде валовая продукция уменьшается (с 11,52 до 9,4), однако доля чистой первичной продукции остается достаточно высокой, составляя 73,4% (6,9 мг O_2 /л в сутки). В контроле доля чистой первичной продукции составляет 49,9% (4,23 мг O_2 /л в сутки).

К 18-м суткам процессы продуцирования в опыте и контроле сравниваются – чистая продукция от валовой в опыте составляет 33,2%, и довольно близкие значения в контроле – 35,8%.

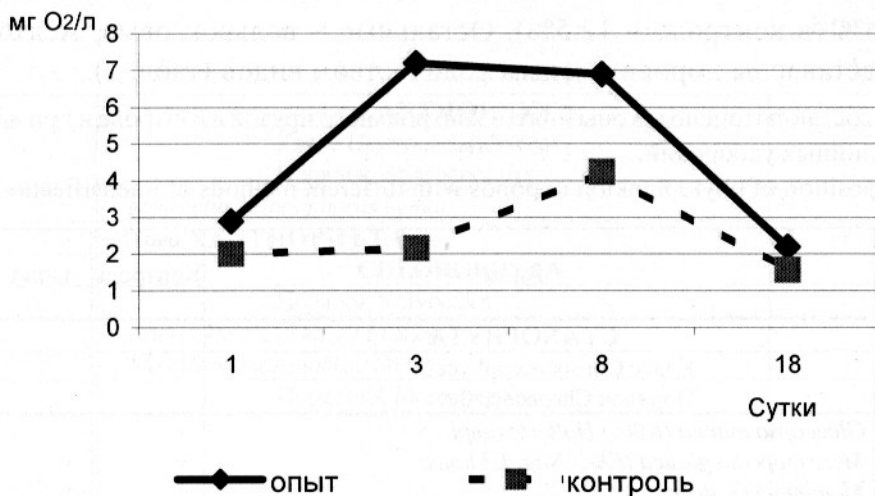


Рис. 1. Динамика чистой продукции прудов при разных способах удобрения.

Fig. 1. Dynamics of net phytoplankton production in ponds at the different methods of intensification.

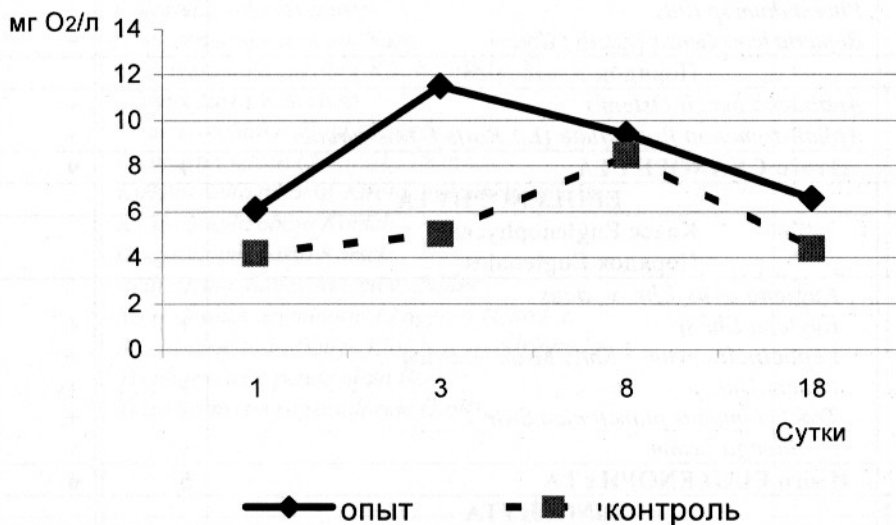


Рис. 2. Динамика валовой продукции прудов при разных способах удобрения.

Fig. 2. Dynamics of total production in ponds at the different methods of intensification.

Итак, в опытном варианте увеличение значений чистой и валовой продукции наблюдается уже к 3-им суткам; в контроле же это происходит только к 8-м суткам и в меньшей степени.

Таким образом, внесение калийных соединений оказывало усиливающее влияние на процесс фотосинтеза и величину валовой первичной продукции в течение двух недель, что отразилось на состоянии всей трофической цепи.

Фитопланктон

В фитопланктоне обоих прудов значительных различий видового состава не отмечалось. Так, в опытном пруде был обнаружен 41 вид водорослей (в контроле – 40), относящихся к 7 отделам: причем хлорококковые имели 44% (в контроле – 37,5%), синезеленые – 19,5% (в контроле – 22,5%), диатомовые – 12,2% (в контроле – 17,5%),

эвгленовые – 14,6% (в контроле – 12,5%). Остальные – вольвоксовые, желто-зеленые и пироксидовые представлены поровну малым количеством видов (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона опытного и контрольного прудов в контроле и при использовании азотно-фосфорно-калийных удобрений.

Table 1. Species composition of phytoplankton in ponds with different methods of intensification applied.

№п.п.	Виды	Контроль	Опыт
CYANOPHYTA			
Класс Chroococcophyceae			
Порядок Chroococcales			
1	<i>Gloeocapsa minuta</i> (Kütz.) Hollerb. ampl.	+	+
2	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Nag. f. <i>glauca</i>	+	+
3	<i>M. minima</i> G. Beck	+	+
4	<i>Microcystis. pulvereae</i> (Wood) Forti emend Elenk. f. <i>pulvereae</i>	+	+
Класс Hormogoniophyceae			
Порядок Oscillatoriales			
5	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom. f. <i>agardhii</i>	+	+
6	<i>Phormidium</i> sp. Kütz.	+	+
7	<i>Romeria leopoliensis</i> (Racib.) Korzw.	+	+
Порядок Nostocales			
8	<i>Anabaena bergii</i> Ostenf. i	+	+
9	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs f. <i>flos-aquae</i>	+	+
Итого CYANOPHYTA		9	9
EUGLENOPHYTA			
Класс Euglenophyceae			
Порядок Euglenales			
<i>Euglena acus</i> Ehr. v. <i>acus</i>		+	+
<i>Euglena</i> Ehr sp..		+	+
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Mink. v. <i>ovum</i>			+
<i>Phacus</i> Duj.sp.		+	+
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swir		+	+
<i>T. oblonga</i> Lemm.		+	+
Итого EUGLENOPHYTA		5	6
DINOPHYTA			
Класс Dinophyceae			
Порядок Gymnodiniales			
<i>Gymnodinium</i> Klebs. sp.		+	+
Итого DINOPHYTA		1	1
BACILLARIOPHYTA			
Класс Centrophyceae			
Порядок Thalassiosirales			
<i>Stephanodiscus astreaea</i> Grun.		+	
<i>Cyclotella</i> Kiitz. sp.		+	+
Класс Pennatophyceae			
Порядок Araphales			
<i>S. ulna</i> (Nitzsch) Ehr. v. <i>ulna</i>		+	
Порядок Raphales			
<i>Navicula. gracilis</i> Her.		+	+
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm. v. <i>acicularis</i>		+	+
<i>Nitzschia</i> Haas.sp.		+	+
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kiitz.) Grun. v. <i>curvata</i>		+	+
Итого BACILLARIOPHYTA		7	5

Продолжение таблицы 1.

Continuation of table 1.

XANTHOPHYTA			
Класс Heterococcomphyceae			
Порядок Heterococcales			
	<i>Cetritractus belonophoras</i> Lemm.	+	+
Итого XANTHOPHYTA		1	1
CHLOROPHYTA			
Порядок Volvocales			
	<i>Carteria klebsii</i> (Dang) France.	+	+
	<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow.	+	+
Порядок Chlorococcales			
	<i>Ankistrodesmus angustus</i> Bern.	+	+
	<i>Ankistrodesmus acicularis</i> Korsch.	+	+
	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korsch.	+	+
	<i>Aktinastrum Hantzschii</i> Lagerh.	+	+
	<i>Chlorella. vulgaris</i> Beyer	+	+
	<i>Coelastrum sphaericum</i> Naeg.		+
	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et W.	+	+
	<i>Didymocustis</i> Korsch.sp.	+	+
	<i>Francea echidna</i> (Bohl.) Korsch.	+	+
	<i>Lambertia setosa</i> (Filarszky) Korsch.	+	+
	<i>Kirkhneriella lunaris</i> (Kirchn.) Moeb. v. <i>lunaris</i>	+	+
	<i>Kirkhneriella obesa</i> Korsch.	+	+
	<i>Oocystidium crassa</i> Korsch.	+	
	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen v. <i>duplex</i>	+	+
	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerch.) Chod. v.		+
	<i>Sc. quadricauda</i> (Turp.) Breb. v. <i>quadricauda</i>	+	+
	<i>Treubaria triappendiculata</i> Bern.		+
	<i>Tetrastrum staurogeniaforme</i> (Roll).	+	+
Итого CHLOROPHYTA		17	19
Всего		40	41

Процентное содержание видов диатомовых, пиррофитовых, желтозеленых и эвгленовых микроводорослей в общей биомассе фитопланктона было близким; доля синезеленых в опыте оказалась выше (37,7 против 28,1%); доля зеленых – ниже (38,9 против 45,4%).

Биомасса фитопланктона в период эксперимента в опытном пруде изменялась от 7,49 до 12,43 г/м³, численность – от 44,9 до 172,3 млн. экз./л (рис. 3); в контроле – от 5,61 до 12,72 г/м³, численность – от 43,02 до 185,66 млн. кл./л (рис. 4). Среднесезонные показатели численности фитопланктона в контроле были немного выше 102,99 и 101,00 млн. экз./л; а биомассы 9,83 и 10,41 г/м³, соответственно. Преобладание среднесезонной численности фитопланктона в контрольном пруде обусловлено интенсивным развитием мелких хлорококковых (роды *Clorella*, *Tetrastrum*) в конце опыта и меньшим прессом потребителей:

- численность зоопланктона снизилась до 0,1 г/м³ (ниже опытного в 2 раза);
- количество подросшей молоди в это время была также ниже в 1,6 раза.

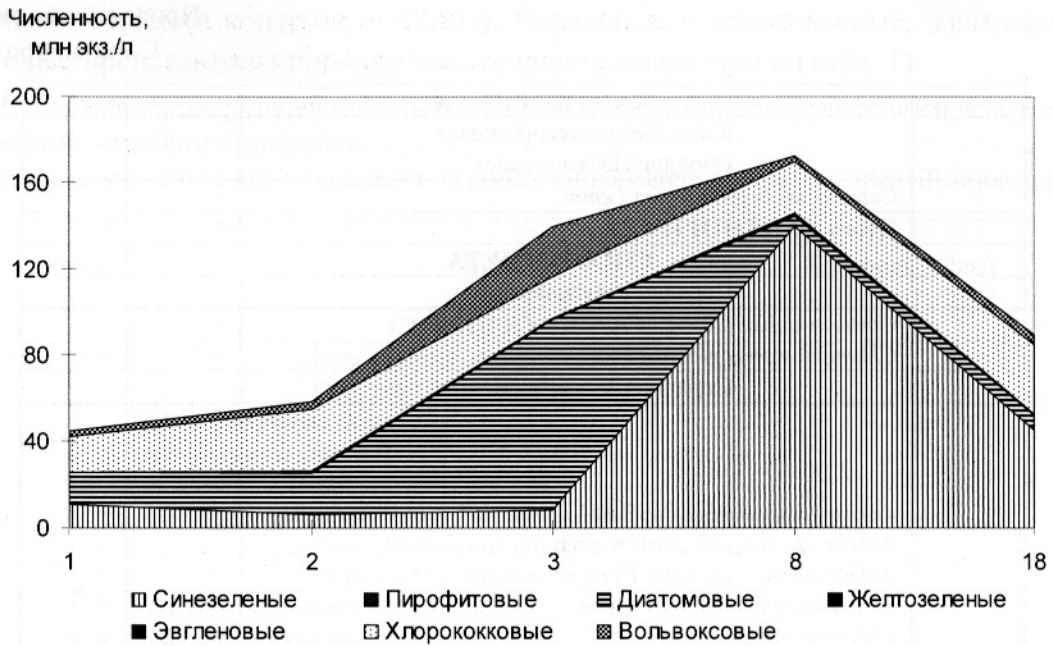


Рис. 3. Динамика численности фитопланктона опытного пруда.
Fig. 3. Dynamics of phytoplankton abundance in the test.

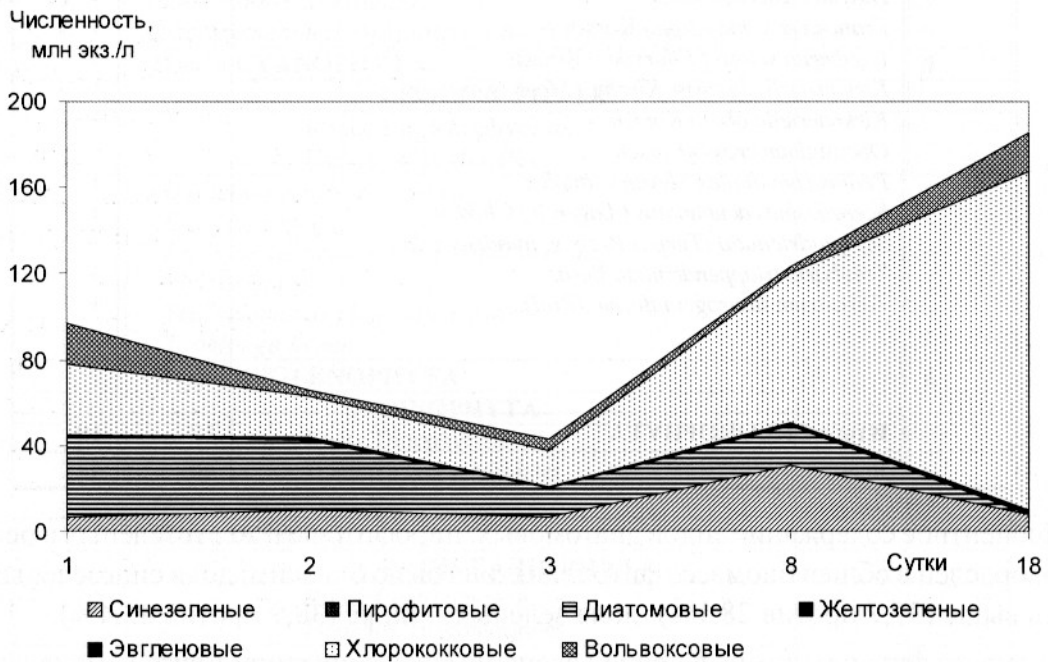


Рис. 4. Динамика численности фитопланктона контрольного пруда.
Fig. 4. Dynamics of phytoplankton abundance in the control.

До внесения удобрений в контроле и опыте численно преобладали зеленые водоросли, субдоминировали диатомовые. Под влиянием удобрений через 3-е суток в контроле произошло снижение доли зеленых в численности в 2,4 раза, в то же время в опыте отмечено их увеличение во столько же раз. Нарастание общей численности водорослей в опыте продолжалось больше недели, снижение отмечено только в 18-м суткам.

Доминирующими видами в опыте по численности были *Chlorella vulgaris*, *Chlamidomonas* sp., субдоминирующими – синезеленые *Anabaena* sp., *Aphanizomenon flos-aquae*. В контроле по численности доминировали на протяжении всего опыта *Ankistrodesmus angustus*, *Ankistrodesmus acicularis*, субдоминировали: из синезеленых – *Aphanisomenon flos-aquae*, из диатомовых – *Cyclotella* sp.

Выедание корма после вселения личинок в опытный пруд не привело к значительному снижению биомассы и численности водорослей, уровень их оставался достаточно высоким до конца подращивания (82,92 млн. кл./л и 7,5 г/м³).

Введение в состав удобрений калия повлияло на развитие определенных водорослей – произошла перестройка фитоценоза; к моменту посадки личинок в опытном пруде доля мелкоклеточных (размером до 10 м – роды *Didymocystis*, *Chlorella*, *Crucigenia*, *Carteria*, *Merismopedia*, *Trachelomonas*) форм водорослей увеличилась до 54,1%; в контроле продолжали доминировать те же виды хлорококковых (из рода *Ankistrodesmus*). В течение первой недели после внесения удобрений численность хлорококковых водорослей мелких размеров в опыте была выше почти в 2 раза (11,7 против 6,4 млн. экз./л); средняя численность *Chlorella vulgaris* в опыте также значительно превышала значения в контроле (6,5 и 3,6 млн. экз./л).

Таким образом, в опыте более 8-ми суток наблюдается увеличение общей численности микроводорослей, несмотря на потребление интенсивно развивающейся коловраткой, что сочетается с данными по первичному продуцированию органического вещества. На 8-е сутки отмечено преобладание сине-зеленых водорослей в общей численности, в то время как зеленые выедались зоопланктерами (при доминировании ветвистоусых численностью 155,15 тыс. экз./м³). В контроле, напротив, первые 3-е суток отмечалось снижение численности альгоценоза, выедаемого ветвистоусыми, хотя первичное продуцирование имело тенденцию к небольшому увеличению.

Более показательной компонентой при выяснении роли калия на развитие кормовых организмов является численность кормовой части фитопланктона – мелкоклеточных форм водорослей. На рисунке 5 видно, что в начальный период величины численности кормового фитопланктона в контроле и в опыте были близкими, на 3-и сутки после внесения удобрений их преобладание в опыте было значительным (в 3 раза). Интенсивное развитие кормового зоопланктона в опытном пруду, использующих в пищу мелкие формы фитопланктона, привело на 8-е сутки и в дальнейшем к резкому снижению кормовой части фитоценоза. В контроле, напротив, с 3-их суток кормовая часть фитоценоза стабильно увеличивается на фоне невысокого развития кормовой фракции зоопланктона.

Для выяснения роли калия на структуру фитоценоза был определен показатель Симпсона. На рисунке 6 видно, что в контроле экологические условия для фитопланктона в начальный момент были менее благоприятными, на что указывает более высокое значение показателя Симпсона, преобладало небольшое количество видов. В опыте условия лучше. Внесение удобрений снизило этот показатель, как в опыте, так и в контроле, т.е. условия развития улучшились для многих видов, что снизило показатель доминирования. С 8-х суток в контроле шло нарастание показателя значительно быстрее и его относительное увеличение к концу наблюдений также оказалось выше, чем в контроле. Колебания значений в опыте не

столь значительны, что указывает на более благоприятные кормовые условия для большинства видов биоценоза в опыте с применением калия.

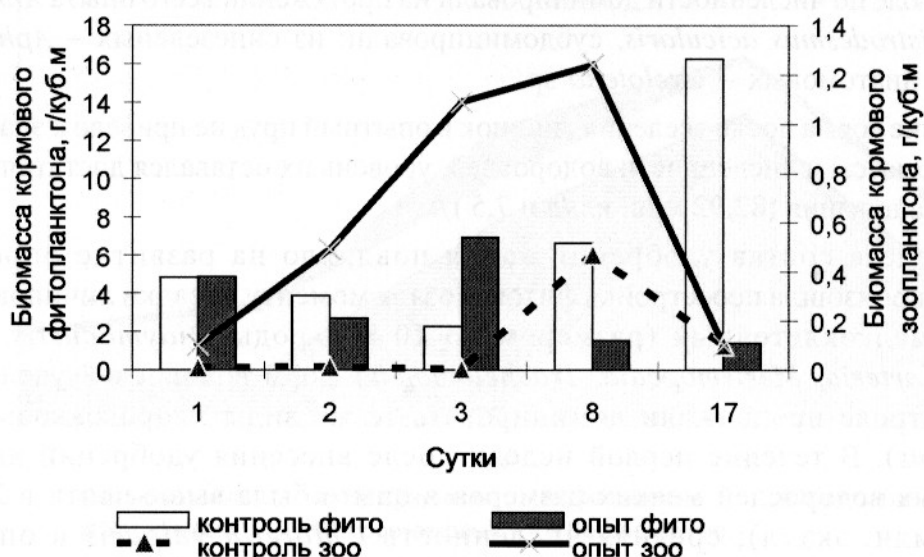


Рис. 5. Динамика биомассы кормового фито- и зоопланктона прудов при разных способах удобрения.
Fig. 5. Dynamics of food phyto- and zooplankton biomass in ponds on different methods of intensification.

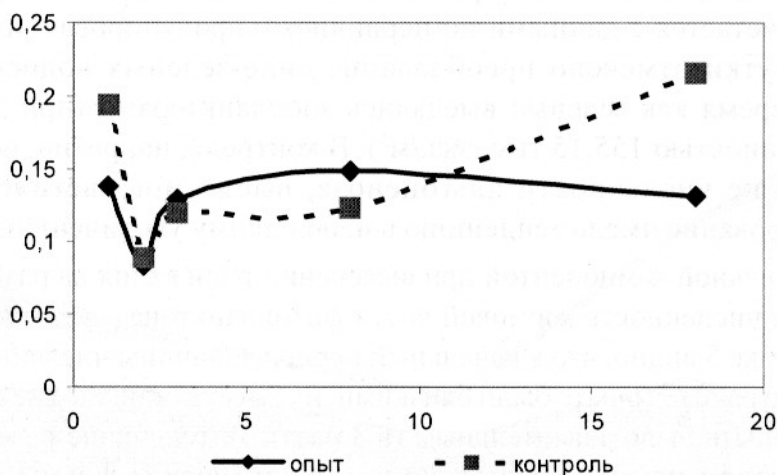


Рис. 6. Динамика показателя доминирования Симпсона для фитопланктона в опыте и контроле.
Fig. 6. Dynamics of the Simpson index of dominance of phytoplankton in the experiment and the control.

Зоопланктон

В зоопланктонных сообществах контрольного и опытного прудов было зарегистрировано 12 видов, из которых на долю коловраток приходилось 4 вида: три вида из рода *Brachionus* (*Br. anguinaris*, *Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*), и *Asplanchna* sp., причем хищная *Asplanchna* sp. встречена только в контрольном пруду; ветвистоусых – 6, веслоногих – 2 вида. Среди коловраток в обоих прудах доминировал *Br. angularis*. Среди веслоногих в опытном пруду развивалось 2 вида – *Acanthocyclops vernalis* и *Cyclops* sp., среди ветвистоусых – *Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata*, *Moina rectirostris*, *Scapholeberis* sp., *Chidorus sphaericus*, *Ceriodaphnia* sp., причем два последних отмечены

только в опытном пруду, т.е. в опытном варианте видовое разнообразие копепод и кладоцер было выше (табл. 2).

Таблица 2. Видовой состав зоопланктона опытных прудов при использовании азотно-фосфорно-калийных удобрений, ДЗРП, 1989 г.

Table 2. Species composition of zooplankton in ponds with different methods of intensification applied.

№ п.п.	Виды	Опыт NPK	Контроль NP
	Rotatoria		
1	<i>Asplanchna</i> sp.		+
2	<i>Brachionus angularis</i>	+	+
3	<i>Brachionus quadridentatus</i>	+	+
4	<i>Brachionus caliciflorus</i>	+	+
	Σ	3	4
	Cladocera		
5	<i>Bosmina longirostris</i>	+	+
6	<i>Chidorus sphaericus</i>	+	
7	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	+	
8	<i>Daphnia cucullata</i>	+	+
9	<i>Moina rectirostris</i>	+	+
10	<i>Scapholeberis</i> sp.	+	+
	Σ	6	4
	Copepoda		
11	<i>Acanthocyclops vernalis</i>	+	+
12	<i>Cyclops</i> sp.	+	
	Σ	2	1
	Итого:	11	9

Развитие зоопланктона в прудах на первый взгляд проходило однотипно (рис. 7). Однако анализ динамики развития разных групп зоопланктона показал существенные различия при разных вариантах удобрения. В опытном пруду на 2-е сутки после внесения удобрений было обнаружено 2, а в последующем – 3 вида коловраток, причем в гораздо большем временном промежутке (более 8-ми суток с начала опыта), чем в контроле и в больших количествах (рис. 8). В момент вселения личинок растительноядных рыб в пруды (2-е сутки) коловратки, составляющие основу их питания на первых этапах развития, в опыте составляли 33% общей численности (300,43 тыс. экз./м³) зоопланктона, против 0,06% в контроле, где основу (93,5%) общей численности (96,35 тыс. экз./м³) представляли копеподы.

Через неделю и в контроле и в опыте доминировали кладоцеры, причем один и тот же вид – *Bosmina longirostris* с очень близкими значениями биомассы – 0,89 г/м³ и 0,79 г/м³, соответственно; субдоминировали копеподы, имеющие близкие значения численности (100,0 и 96,3 тыс. экз./м³) и биомассы (1,2 и 1,9 г/м³); коловратки в контрольном пруду не отмечались, в опыте они имели численность 7,5 тыс. шт./м³.

К 18-м суткам в планктоне контрольного пруда обнаружили только копеподы, численностью 4 тыс. экз./м³, в опыте, наряду с копеподами еще продолжала встречаться молодь *Bosmina longirostris* численностью 0,025 тыс. экз./м³.

К концу подращивания остаточная биомасса зоопланктона в опыте остается выше, чем в контроле (0,2 и 0,1 г/м³, соответственно), хотя к этому моменту численность выращиваемой молодежи, использующей зоопланктон в качестве корма, в варианте с применением калия была в 1,6 раза выше.

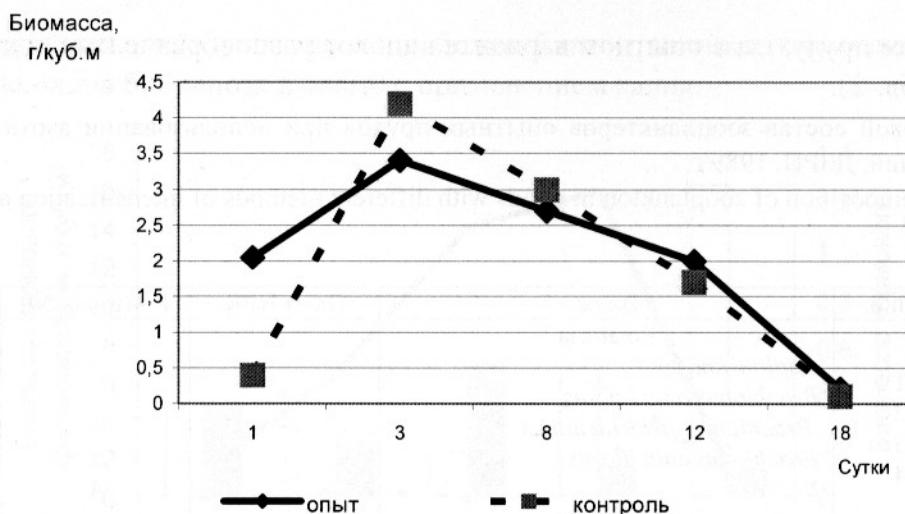


Рис. 7. Динамика общей биомассы зоопланктона прудов при разных способах удобрения.
Fig. 7. Dynamics of total zooplankton biomass in ponds at the different methods of intensification.

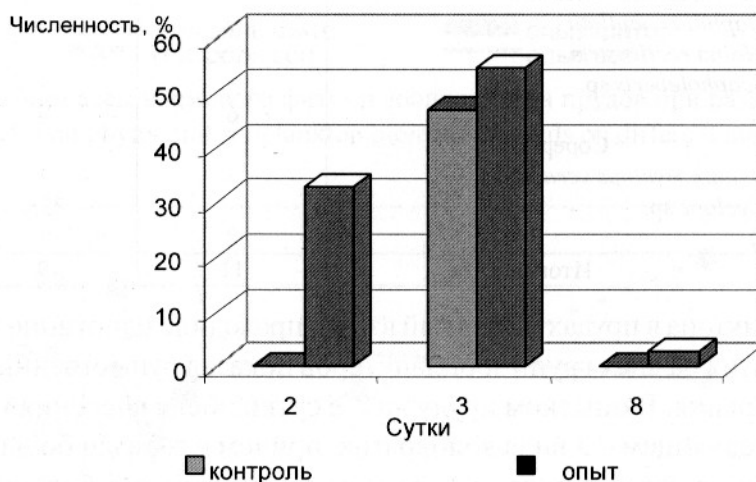


Рис. 8. Процентное содержание коловраток в общей численности зооценозов прудов при разных способах удобрения.
Fig. 8. Percentage share of Rotatoria in the total number of zooplankton communities from ponds treated differently.

Численность кормового зоопланктона в опыте к 8-м суткам также превосходила в 3 раза таковую в контроле (рис. 5), что и создало благоприятный фон для развития личинок в ответственный период подращивания и их выживаемость.

Более высокий уровень продуцирования зооценоза в опытном варианте косвенно подтверждается индексами потребления корма личинками и расчетного количества зоопланктона, употребленного молодью при подращивании. Так, в начале сезона индекс потребления пищи личинками растительноядных рыб в опыте превосходил контрольный в 2,8 раза, составляя 913‰ в опыте и 325‰ в контроле, в середине эксперимента – индексы потребления корма снизились в обоих вариантах, но преобладание отмечено так же в опыте – в 2,8-4 раза. Суточная продукция зоопланктона, рассчитанная с учетом кормовых коэффициентов рачкового планктона в опыте превосходила контрольную в 2,6 раза.

Таким образом на протяжении всего опыта в варианте с применением калия отмечается более интенсивное развитие всего зооценоза и более длительное – ротаторно-кладоцерной его части.

Для оценки значения разных видов зоопланктонных сообществ в опыте и контроле был рассчитан показатель выравненности Пиелу (рис. 9).

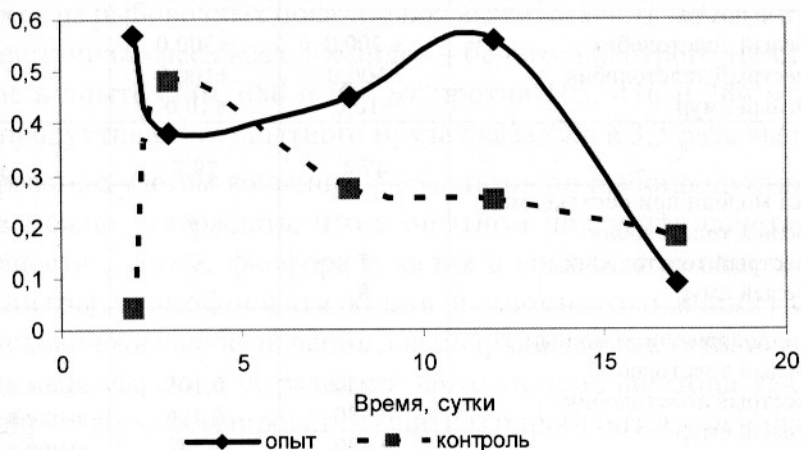


Рис. 9. Показатель выравненности Пиелу зоопланктонных сообществ в опыте и контроле.

Fig. 9. Pielou index of evenness of zooplankton communities in the experiment and the control.

Из рисунка видно, что до внесения удобрений в опыте состояние зооценоза было более благоприятным, чем в контроле. Внесение в опытном варианте азота, фосфора и калия сместило первоначальное состояние зооценоза в сторону увеличения доминирования отдельных видов зоопланктеров – в данном случае – интенсивно начали развиваться коловратки, столь необходимые в процессе подращивания личинок рыб, причем, данный процесс произошел очень быстро. К 8-м и далее к 12-м суткам отмечено увеличение показателя выравненности Пиелу, что характеризует равномерность развития видов в сообществе. К 18-м суткам отмечается его резкое снижение, вероятно за счет высокого пресса потребителей и природных сукцессионных процессов, характерных для прудовых систем. В это время отмечено наличие только 2 видов в зооценозе *Ch. sphaericus* и *Cyclops* sp.

В контроле напротив, внесение азота и фосфора привело к резкому увеличению числа развивающихся видов в сообществе (с 3 до 7), но на короткий промежуток времени. После чего наблюдалось постоянное снижение показателя выравненности Пиелу, когда в сообществе снижалось число видов сначала до трех, затем до одного.

Рыбоводные результаты

Как видно из таблицы 3 площадь прудов, видовой состав выращиваемых рыб, плотности посадки личинок и длительность подращивания в опыте и контроле были одинаковы. Последняя составила для пестрого толстолобика – 24, белого – 21, белого амура – 17 суток. Выживаемость подращиваемых рыб в опыте составила 47,4%, что в 1,6 раза выше, чем в контроле. Значительные различия отмечены по массе молоди: по всем видам рыб масса тела в опыте превосходила контроль в 1,6-2,4 раза. Соответственно и рыбопродуктивность в опыте оказалась значительно выше: 62,4 и 19,4 кг/га, соответственно.

Таблица 3. Результаты подращивания растительноядных рыб.**Table 3.** Results of on-growing of herbivorous fish.

Показатели	Опыт (NPK)	Контроль (NP)	Преобладание показателей в опыте относительно контроля
Площадь прудов, га	0,2	0,2	равно
Плотность посадки, тыс.шт./га			
белый толстолобик	± 300,0	±300,0	равно
пестрый толстолобик	±100,0	±100,0	равно
белый амур	±10,0	±10,0	равно
Выживаемость, %	47,4	29,2	выше в 1,6 раза
Среднeshтучная масса молоди при посадке, мг			
белый толстолобик	7	7	равно
пестрый толстолобик	7	7	равно
белый амур	8	8	равно
Среднeshтучная масса подращенной молоди, г			
белый толстолобик	0,250	0,105	выше в 2,4 раза
пестрый толстолобик	0,680	0,416	выше в 1,6 раза
белый амур	0,620	0,284	выше в 2,2 раза
Срок выращивания, сутки			
белый толстолобик	21	21	равно
пестрый толстолобик	24	24	равно
белый амур	17	17	равно
Индексы потребления, ‰			
в начале сезона	913	325	выше в 2,8 раза
в середине сезона	465 - 473	115 - 171	выше в 3,3 раза
Рыбопродуктивность, кг/га	62,4	19,4	} выше в 3,2 раза
кг/пруд	12,5	4,9	
Расчетное количество зоопланктона, потребовавшегося на рост молоди, кг	150	58,8	выше в 2,6 раза

Все вышеперечисленные данные, полученные при спуске и облове прудов по выживаемости, рыбопродуктивности и среднeshтучной массе еще более четко указывают на преимущества применения в качестве добавки к общепринятым минеральным удобрениям соединений калия в прудах ДЗРП.

ВЫВОДЫ

Поскольку прудовые биоценозы Донского зонального рыбопитомника Ростовской области формируются на грунтах, грунтовых и речных водах с пониженным природным содержанием калия, то внесение в них калийных соединений, наряду с традиционными азотными и фосфорными:

- оказывает усиливающее влияние на процесс первичного продуцирования и величину валовой продукции в течение 2 недель: новообразование органического вещества планктонных водорослей в пруде при комплексном удобрении происходит в 1,5 раза интенсивнее по сравнению с прудом, в котором интенсификация проводилась только азотно-фосфорными удобрениями;

- избирательно влияет на формирование и количественное преобладание кормовой части фитопланктона, состоящей из мелкоклеточных форм (до 10 мк);

- это в свою очередь благоприятно сказалось на формировании ротаторной части зоопланктонного сообщества в течение первых 6-ти суток после внесения комплекса удобрений и вселения личинок;

- отражается на расчетной величине продукции зоопланктона, использованного на рост молоди в опыте, которая оказалась в 2,6 раза выше, чем в контроле;

- сказывается на рыбоводных показателях: выживаемость молоди превысила контроль в 1,6 раза; среднештучная масса всех 3-х видов – белого и пестрого толстолобиков и белого амура была выше в опыте (230, 680 и 620 мг против 105, 416 и 284 мг, соответственно в контроле); рыбопродуктивность опытного пруда оказалась в 3,5 раза выше, чем в контроле.

Таким образом, с учетом конечных результатов по рыбопродуктивности и величине навески мальков можно утверждать, что в опытном пруду при сочетании 3-х основных минеральных веществ – азота, фосфора и калия в компактном виде и доступной форме (аммиачной селитры, монофосфата калия и хлористого калия) сложились более благоприятные условия жизнеобеспечения для подращиваемых рыб, то есть введение калия создает необходимый эффект для развития фито- и зоопланктона как корма для рыб и позволяет целенаправленно формировать развитие гидробионтов в период перехода личинок на активное питание.

Проведенные в другом хозяйстве Ростовской области Новочеркасском опытно-показательном рыбокомбинате (НОПРК) исследования влияния калия для интенсификации естественной кормовой базы выростных прудов также показали преимущества его использования. Опыты отличались длительностью (6 месяцев) и составом выращиваемой молоди (каarp и растительноядные), проводились в выростных прудах большей площади (19 и 15 га). Эффективность калийных удобрений отмечена: на формировании естественной кормовой базы – среднесезонная биомасса зоопланктона в опытном пруду более чем в 6 раз превосходила этот показатель в контроле (19,2 против 2,9 г/м³) и на рыбопродуктивности – в опытном пруду она оказалась в 2 раза выше.

На основании проведенных исследований были разработаны временные рекомендации по внесению калийных удобрений в выростные пруды НОПРК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агрохимия. Под ред. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1989. С. 299-309.
- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
- Битехтина В.А., Труфанова З.А. Мероприятия по повышению жизнестойкости личинок растительноядных рыб // Мат. Всес. научн. конф. по направлению и интенсификации рыбоводства во внутр. водоемах Сев. Кавказа. Ростов-на-Дону, 1979. С. 36-37.
- Винберг Г.Г. Современное состояние и задачи изучения первичной продукции водоемов. В кн.: Первичная продукция морей и внутренних вод. Минск: БГУ, 1961. С. 11-24.
- Винберг Г.Г. Методы определения продукции водных животных. Минск: Высшая школа, 1968. С. 149-152.
- Дворецкий В.Г. Основные подходы к оценке разнообразия сообществ зоопланктона Баренцева моря // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем». Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2007. С. 103-105.

- Елеонский А.Н. Прудовое рыбоводство. М.: Пищепромиздат, 1946. 325 с.
- Инструкция по повышению естественной рыбопродуктивности по карпу на уровне 0,7-0,8 т га. М.: ВНИИПРХ, 1989. 35 с.
- Лаврентьева Г.М., Авинская В.В. Особенности развития фитопланктона в экспериментальном озере в зависимости от режима удобрения. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1985. Вып. 232. С. 103-112.
- Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. М.: Высшая школа, 1973. С. 266.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов // АН СССР. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. С. 254.
- Милло Ж. Геология глин. М.: Недра, 1968. С. 78-80.
- Нормы потребности прудов в минеральных удобрениях при выращивании рыб в поликультуре для различных зон рыбоводства. М.: Россельхозиздат, 1986. 25 с.
- Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения // АН СССР. М.: Колос, 1966. 243 с.
- Рыбопродуктивность выростных водоемов в зависимости от сроков зарыбления карпа и качества посадочного материала (заводские личинки, личинки и мальки, полученные экологическим способом) // Отчет РО КрасНИИРХ по договору № 6/12-П. Рук. В.А. Битехтина. Ростов-на-Дону, 1989. 78 с.
- Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. С. 185-187.
- Применение минеральных удобрений в рыбоводных прудах. М.: Россельхозиздат, 1968. 15 с.
- Харитонов Н.Н. Биологические основы интенсификации прудового рыбоводства. Киев: Наукова думка, 1984. 196 с.
- Харитонов Н.Н., Полищук В.С., Стеценко Л.И. и др. Влияние комплекса азотно-фосфорных и калийных удобрений на процессы первичного продуцирования фито- и зоопланктона // Гидробиологический журнал. 1987. Т. 23. Вып. 5. С. 87-91.
- Шевцова Г.Н. Влияние фактора времени на биологическую продуктивность прудовых биоценозов Нижнего Дона. Сб. науч. тр. АзНИИРХ «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна» / Под ред. Э.В. Макарова. Ростов-на-Дону: БКИ, 2000. С. 242-247.
- Шевцова Г.Н. Особенности формирования донных отложений временных мелководных водоемов (на примере Нижнего Дона). Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2002. 173 с.
- Шевцова Г.Н., Карпенко Г.И., Головкин Г.В. Особенности мелководных водоемов, используемых при интенсивном подращивании рыбы, в Азовском бассейне. Мат. IV (XXVII) Междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». Ч. 2. Вологда, 2005. С. 250-253.
- Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод // Отв. ред. К.Я. Кондратьев. Л.: Наука, 1988.

**THE EFFECT OF NITRIC-PHOSPHORUS-POTASSIUM
FERTILIZERS ON THE FOOD BASE FORMATION IN THE PONDS
OF THE DON FISH-BREEDING FARM IN ROSTOV REGION**

© 2008 y. G.V. Golovko

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

The effect has been studied of nitric-phosphorus-potassium fertilizers (NPK) on the formation of food base and the productivity of fishery ponds of the Don fish-breeding farm in Rostov region where underground waters and bottom muds are characterized by low potassium concentrations. Potassium is shown to have a favorable effect on the photosynthesis and primary production, which further contributed to the development of food phytoplankton and fauna (in particular, of rotifer development), the survival and weight of growing larvae and the fish productivity increased.