

В. ЯСКА

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ШТАММОВ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ОТ АЗОТИСТОГО ПИТАНИЯ

В последние годы зеленые протококковые водоросли привлекают внимание не только как подходящий объект для изучения различных проблем физиологии и биохимии растений, но и как возможный источник ценного органического сырья, белковых кормов и пищевых продуктов. Все возрастающий интерес к одноклеточным водорослям вытекает из возможности их выращивания в строго регулируемых условиях питания, обеспечивающих высокую фотосинтетическую продуктивность, а также из возможности использования всей продуцированной биомассы. По данным Б. С. Мошкова [1] и В. В. Чеснокова [4], продуктивность высших растений, выращенных в оптимальных для их роста и развития условиях, не уступает продуктивности одноклеточных зеленых водорослей. Поэтому массовая культура протококковых водорослей имеет преимущество перед сельскохозяйственными культурами только в случае использования таких штаммов водорослей, которые способны накапливать в своих клетках значительные количества белков, жиров или других ценных веществ. В связи с этим большое значение приобретают работы по выявлению и получению селекционными методами высокопродуктивных штаммов водорослей с одновременным изучением зависимости их химического состава от условий культивирования.

Многочисленными исследованиями было установлено, что фотосинтетическая продуктивность и химический состав протококковых водорослей в значительной степени зависят от условий их культивирования и в особенности от уровня азотистого питания [5, 6, 8, 10, 15]. Наряду с этим, данные литературы свидетельствуют о том, что химический состав водорослей и характер его изменения под влиянием условий среды варьируют в зависимости от видовой принадлежности и специфики штаммов [5, 6, 7, 13].

В настоящей работе изучалась зависимость продуктивности и химического состава четырех таксонов протококковых водорослей от питания их различными дозами азота в форме нитрата калия.

Методика

Штаммы протококковых водорослей *Chlorococcum botryoides* Rabenh., *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* G. M. Smith и *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Gréb. были выделены из планктона озера Пангоди (ЭССР).

методом повторных рассевов отдельных колоний на агаровую питательную среду в чашках Петри. Накопительные культуры водорослей выращивали в конических колбах емкостью 500 мл, содержащих по 200 мл основной питательной среды [5] с 1,0 г/л нитрата калия в качестве источника азота. Для посевов брали на один литр питательной среды по 20 мл накопительной культуры с содержанием 10—15 мг сухого вещества водорослей и 3,5—4 мг азота. Для азотного питания водорослей на каждый литр культуры в шести параллельных опытах ежедневно добавляли соответственно по 1,0, 2,0, 5,0, 10,0, 15,0 и 20,0 мг азота в форме нитрата калия. Влияние различных доз азота на содержание общего азота, углеводов и липидов водорослей изучали после четырнадцатидневного выращивания при круглосуточном освещении культур люминесцентными лампами дневного света и перемешивании продуванием обогащенного углекислым газом воздуха. Условия культивирования и методика химических анализов подробно описаны в ранее опубликованной работе [5].

Результаты исследований

В табл. 1 приведены данные о зависимости продуктивности водорослей от дозировки азотистого питания.

Таблица 1

Влияние различных доз азота на продуктивность водорослей

Штамм водоросли	Средний суточный прирост сухой массы водорослей (мг/л в сутки) при ежедневных дозах азота, мг/л					
	1,0	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0
<i>Chlorococcum botryoides</i>	0,077	0,076	0,139	0,195	0,173	0,210
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0,084	0,129	0,188	0,207	0,206	0,216
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>capitatus</i>	0,104	0,154	0,213	0,197	0,196	0,191
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0,073	0,115	0,192	0,171	0,151	0,168

Из данных табл. 1 видно, что при увеличении дозы азота продуктивность водорослей первоначально резко возрастает и затем при определенной дозе достигает максимального уровня. Наибольший средний прирост биомассы трех исследованных штаммов сценедесмуса был достигнут при дозах около 5 мг азота на литр культуры в день. Максимальная продуктивность *Chlorococcum botryoides* достигалась при дозах около 10 мг азота на литр культуры. Дальнейшее увеличение подкормок азотом уже не влияло на продуктивность водорослей.

Таким образом, уровень достаточного азотистого питания водорослей в данных условиях культивирования достигался при ежедневных дозах азота около 5 или 10 мг на литр культуры. При более низких дозах азота отмечалось резкое снижение продуктивности культур, что свидетельствовало о возникновении и углублении азотистого голодания водорослей. В крайних условиях азотистого голодания, т. е. при ежедневной дозе азота 1 мг/л, продуктивность водорослей была в 2—3 раза ниже, чем при достаточном азотистом питании.

В табл. 2 приведены результаты исследований, отражающие зависимость содержания сырого белка в водорослях от питания их различными дозами азота.

Из табл. 2 видно, что в крайних условиях азотистого голодания содержание белка у всех водорослей относительно низкое и колеблется

Таблица 2

Влияние различных доз азота на содержание сырого белка в водорослях
(в процентах от сухого вещества)

Штамм водоросли	Содержание белков ($6,25 \times N$ общ. %) при ежедневных дозах азота, мг/л					
	1,0	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0
<i>Chlorococcum botryoides</i>	8,7	10,5	17,8	27,2	34,0	33,4
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	7,5	8,1	13,4	19,7	18,9	14,7
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>capitatus</i>	7,0	8,2	14,5	30,6	46,5	48,7
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	9,8	10,7	16,0	33,0	40,0	41,2

в пределах от 7,0 до 9,8% от сухого вещества. По мере увеличения дозы азота содержание сырого белка в водорослях постепенно возрастает и при определенной дозе азота достигает максимума. Сопоставление табл. 1 и 2 показывает, что максимальная продуктивность водорослей достигалась при более низкой дозе азота, чем максимальное содержание белка. Так, у водорослей *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* и *Scenedesmus quadricauda* максимальная продуктивность отмечалась при ежедневной дозе азота около 5 мг, между тем как максимальное содержание белка достигалось при дозе около 20 мг азота на литр культуры в день. Максимум белка у *Chlorococcum botryoides* и *Scenedesmus acuminatus* отмечался при дозах соответственно около 15 или 10 мг азота, что несколько выше предела достаточного азотистого питания этих водорослей.

Таким образом, полученные нами данные приводят к выводу, что, кроме пределов недостаточного и достаточного азотистого питания, целесообразно еще выделить предел насыщенного азотистого питания, при котором достигается максимальное содержание белка в водорослях. Из табл. 2 также следует, что в условиях насыщенного азотистого питания исследованные таксоны водорослей существенно различаются между собой по содержанию белка. Так, у *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* содержание белка в условиях насыщенного азотистого питания достигало 48,7% от сухого вещества. В то же время у *Scenedesmus acuminatus* максимум белка составлял всего лишь 19,7% от сухого вещества. Увеличение ежедневной дозы азота выше 10 мг/л, при которой достигалось насыщенное азотистое питание *Scenedesmus acuminatus*, приводило даже к некоторому снижению содержания сырого белка у этой водоросли.

Данные об изменении содержания липидов в водорослях приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, содержание липидов в водорослях, выращенных в крайних условиях азотистого голодания, т. е. при дозе азота 1 мг/л в день, колеблется в широких пределах в зависимости от таксона водоросли. Наиболее высокое содержание липидов наблюдалось у *Chlorococcum botryoides* (41%), а наименьшее — у *Scenedesmus acuminatus* (9,8%). По мере увеличения дозы азота содержание липидов у *Chlorococcum botryoides*, *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* и *Scenedesmus quadricauda* постепенно понижалось до 10—15% от сухого вещества. При этом постоянный уровень липидов у *Chlorococcum botryoides* наблюдался при достижении предела насыщенного азотистого питания,

Таблица 3

Влияние различных доз азота на содержание
липидов в водорослях
(в процентах от сухого вещества)

Штамм водоросли	Содержание липидов при ежедневных дозах азота, мг/л					
	1,0	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0
<i>Chlorococcum botryoides</i>	41,0	36,0	25,5	18,5	13,5	13,0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	9,8	8,5	8,0	9,6	7,7	6,1
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>capitatus</i>	27,5	22,0	15,5	13,8	15,2	14,5
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	19,0	14,5	9,0	10,0	10,0	12,0

а у *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* и *Scenedesmus quadricauda* — при достижении уровня достаточного азотистого питания. Дальнейшее увеличение дозы азота выше указанных пределов на содержание липидов этих водорослей уже не влияло. Количество липидов в клетках *Scenedesmus acuminatus* существенно не зависело от уровня азотистого питания.

Таблица 4

Влияние различных доз азота на содержание углеводов
в водорослях
(в процентах от сухого вещества)

Штамм водоросли	Содержание углеводов при ежедневных дозах азота, мг/л					
	1,0	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0
<i>Chlorococcum botryoides</i>	47,5	51,5	52,5	55,0	54,0	55,0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	77,0	82,0	79,0	71,0	75,8	79,0
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>capitatus</i>	62,0	61,5	63,5	48,0	36,5	31,5
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	63,0	66,0	71,0	45,5	40,0	39,0

Как видно из табл. 4, содержание углеводов у разных таксонов также варьируется в значительной мере и подвергается изменению под влиянием различной дозировки азотистого питания. При увеличении дозы азота содержание углеводов в водорослях вначале несколько возрастает, а затем либо остается постоянным (у *Chlorococcum botryoides*), либо понижается (у трех таксонов сценедесмуса).

Сопоставление полученных данных (табл. 2, 3 и 4) указывает на существование хорошей корреляции между сдвигами в содержании отдельных компонентов химического состава водорослей в зависимости от уровня их азотистого питания.

В условиях насыщенного азотистого питания водоросли различаются между собой главным образом по соотношению содержания углеводов и белков. Так, из исследованных штаммов наибольшее содержание белков и самое низкое содержание углеводов отмечалось у *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus*. В противоположность этому, обмен веществ исследованного штамма *Scenedesmus acuminatus* характеризуется преобладанием образования углеводов над синтезом белков.

При уменьшении дозы азота ниже предела насыщенного питания у *Chlorococcum botryoides* сразу же наблюдалось повышение содержания

липидов, между тем как содержание углеводов первоначально не изменялось.

В отличие от этого у трех остальных исследованных штаммов, принадлежащих к роду *Scenedesmus*, при уменьшении дозы азота до предела достаточного азотистого питания (до 5 мг/л в сутки) содержание липидов оставалось постоянным и наблюдалось значительное возрастание только углеводов. В условиях азотистого голодания, т. е. при уменьшении дозы азота ниже 5 мг/л в сутки, у *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* и *Scenedesmus quadricauda* отмечалось повышение содержания липидов. Количество липидов в клетках *Scenedesmus acuminatus* существенно не повышалось даже в крайних условиях азотистого голодания. Повышение содержания липидов в водорослях по мере углубления азотистого голодания сопровождалось большим или меньшим снижением содержания углеводов.

Таким образом, в условиях азотистого голодания водоросли существенно различаются по соотношению содержания липидов и углеводов.

Обсуждение результатов

Данные, полученные в настоящей и предыдущей [5] работах, показывают, что продуктивность и химический состав протококковых водорослей подвергаются изменению в зависимости от уровня азотистого питания. В то же время результаты этих работ свидетельствуют также о том, что характер и степень зависимости химического состава от уровня азотистого питания определяются внутренними свойствами самих водорослей.

Важным результатом проведенных исследований является установление факта, что изменение в определенных пределах уровня азотистого питания вызывает существенные сдвиги в химическом составе водорослей без влияния на общую продуктивность культур. Это в принципе свидетельствует о возможности направленного изменения сырьевой ценности водорослей при производственном культивировании путем регулирования уровня азотистого питания.

Особый интерес представляет выяснение условий культивирования, обеспечивающих получение богатой белками биомассы водорослей. Результаты проведенных нами исследований указывают на то, что для обеспечения максимальной интенсивности синтеза белков, т. е. насыщенного азотистого питания водорослей, требуется, как правило, более высокий уровень обеспеченности источником азота, чем для достижения максимальной продуктивности. Следовательно, нужно различать пределы достаточного и насыщенного азотистого питания водорослей.

Кроме того выяснилось, что соотношение биосинтеза белка и углеводов у разных таксонов протококковых водорослей, выращенных в одинаковых условиях среды при насыщенном азотистом питании, в значительной степени варьирует. Следовательно, соотношение между синтезом белков и углеводов определяется не только количеством доступного азота в питательной среде, но и присущими отдельным штаммам особенностями обмена веществ.

Соотношение биосинтеза белков и углеводов, по-видимому, может варьировать также у разных штаммов в пределах одного вида водоросли. Так, L. Rguess с сотрудниками [13] наблюдал значительные различия в содержании белка и углеводов у двух культур *Chlorella pyrenoidosa*, выращенных в одинаковых условиях среды. В нашей работе изучался только один штамм каждого вида или подвида водоросли, что

не позволяет связывать обнаруженные различия в способности синтезировать белки и углеводы с видовой принадлежностью штаммов.

Кроме того, данные литературы свидетельствуют о том, что при выращивании в одинаковых условиях азотистого питания соотношение синтеза белка и углеводов подвергается изменению в зависимости от типа углеродистого питания [2, 3], от прохождения стадий роста клеток [9, 11, 14], от спектрального состава [9] и интенсивности света [6, 14]. Названные факторы во всех наших опытах поддерживались постоянными, и их влияние на химический состав водорослей не изучалось.

Уменьшение уровня азотистого питания ниже насыщенного приводило к постепенному снижению содержания белка, что сопровождалось сдвигом обмена веществ водорослей в сторону образования безазотистых продуктов — углеводов и липидов. При этом отчетливо проявились присущие каждому штамму особенности в отношении изменения содержания углеводов и липидов. По характеру изменения химического состава в зависимости от уровня азотистого питания исследованные нами водоросли можно разделить на две группы.

При понижении уровня питания азотом у водорослей первой группы наблюдалось постепенное возрастание липидов, тогда как содержание углеводов не изменялось или повышалось в небольшой степени. Следовательно, у этих водорослей изменялось, главным образом, соотношение синтеза белка и липидов. Такие сдвиги в обмене веществ отмечались у *Chlorococcum botryoides*, *Chlorella vulgaris* и *Oocystis* sp. [5].

В отличие от этого, у водорослей второй группы содержание липидов в тех же условиях первоначально не изменялось, а наблюдалось возрастание количества углеводов. Таким образом, у водорослей этой группы, куда относятся три исследованных таксона, принадлежащих к роду *Scenedesmus*, изменялось прежде всего соотношение синтеза белка и углеводов.

При дальнейшем снижении уровня азотистого питания ниже достаточного, т. е. при азотистом голодании, у водорослей отмечались, хотя и в различной степени у разных штаммов, сдвиги в сторону увеличения содержания липидов и уменьшения углеводов. В условиях азотистого голодания исследованные водоросли различались, главным образом, по соотношению содержания и биосинтеза углеводов и липидов.

Установленные между таксонами различия в отношении характера и степени изменения химического состава и клеточного обмена в зависимости от уровня азотистого питания, по-видимому, не следует строго связывать с систематическим положением водорослей. По имеющимся в литературе данным, отдельные штаммы водоросли *Chlorella* существенно различаются по способности накапливать в клетках липиды или углеводы в условиях азотистого голодания. Так, Л. Бьеркман с сотрудниками [7] показали, что при азотистом голодании содержание липидов в клетках *Chlorella*, штамм Тх 14—10, возрастало максимально только до 18%, между тем как у другого штамма *Chlorella pyrenoidosa* оно в тех же условиях доходило до 40—45% от сухого вещества.

Большой интерес представляют также исследования Ооршота [12], который при культивировании двух штаммов *Chlorella* в безазотистой питательной среде наблюдал у обоих увеличение прежде всего содержания углеводов при постоянстве липидов. Только продолжительное культивирование в безазотистой среде этих штаммов хлореллы приводило к медленному возрастанию в них содержания липидов с одновременным понижением углеводов.

С другой стороны установлено, что некоторые штаммы *Chlorella*

pyrenoidosa способны при азотистом голодании накапливать в своих клетках до 70% [6] и даже 85% [15] липидов.

Таким образом, результаты наших исследований, как и данные других авторов, показывают, что химический состав протококковых водорослей колеблется в широких пределах в зависимости от специфики штаммов и условий азотистого питания. Это указывает на целесообразность проведения среди высокопродуктивных форм водорослей дальнейшего отбора штаммов по сырьевой и питательной ценности химического состава их биомассы. Для этого требуется сравнительное исследование зависимости химического состава разных штаммов водорослей от условий азотистого питания. Результаты настоящей работы показывают, что путем регулирования уровня азотистого питания и выбора подходящих штаммов возможно выращивать биомассу водорослей с различным соотношением белков, углеводов и липидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошков Б. С. Выращивание растений в искусственных условиях как метод выявления их потенциальной продуктивности. Сб.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений, 138—148. М., 1963.
2. Пахомова М. В., Серенков Г. П. Влияние света и темноты на химический состав зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda*. Вестн. Моск. ун-та, сер. биол., 1962, 4, 44—47.
3. Пахомова М. В., Серенков Г. П. Влияние света и темноты на химический состав зеленой водоросли *Scenedesmus obliquus* Kütz. Биохимия, 1963, 28, 5, 808—815.
4. Чесноков В. В. Некоторые физиологические аспекты повышения продуктивности одноклеточных водорослей. Вестн. Ленингр. ун-та, сер. биол., 1962, 2, 113—122.
5. Яска В. Влияние режима азотного питания на химический состав некоторых видов зеленых водорослей. Изв. АН ЭССР, сер. биол., 1964, 13, 1, 33—39.
6. Aach H. G. Über Wachstum und Zusammensetzung von *Chlorella pyrenoidosa* bei unterschiedlichen Lichtstärken und Nitratmengen. Arch. Mikrobiol., 1952, 17, 3, 213—246.
7. Björkman L., Björkman M., Bresky A., Enebo L., Rennerfeldt J. Experiments on the culture of *Chlorella* for food purposes. Acta Polytechn., Ser. Chem. incl. Metall., 1955, 4, 10, 1—18.
8. Collyer D. M., Fogg G. E. Studies on fat accumulation by algae. J. Exptl Bot., 1955, 6, 17, 256—275.
9. Kowallik W. Über die Wirkung des blauen und roten Spektralbereichs auf die Zusammensetzung und Zellteilung synchronisierter Chlorellen. Planta, 1962, 58, 4, 337—365.
10. Milner H. W. The fatty acids of *Chlorella*. J. Biol. Chem., 1948, 176, 2, 813—817.
11. Müller H.-M. Über die Veränderung der chemischen Zusammensetzung von *Scenedesmus obliquus* bei synchroner Kultur im Licht-Dunkel-Wechsel. Planta, 1961, 56, 5, 555—574.
12. Oorschot J. L. P. van. Conversion of light energy in algal culture. Mededel. Landbouwhogeschool Wageningen, 1955, 55, 5, 225—276.
13. Pruess L., Arnou P., Wolcott L., Bohonos N., Oleson J. J., Williams J. H. Studies on the mass culture of various algae in carboys and deep-tank fermentations. Appl. Mikrobiol., 1954, 2, 3, 125—130.
14. Ruppel H. G. Untersuchungen über die Zusammensetzung von *Chlorella* bei Synchronisation im Licht-Dunkel-Wechsel. Flora, 1962, 152, 1, 113—138.
15. Spoehr H. A., Milner H. W. The chemical composition of *Chlorella*; effect of environmental conditions. Plant Physiol., 1949, 24, 1, 120—149.

V. JAASKA

MÕNINGATE ROHEVETIKATE PRODUKTIIVSUSE JA KEEMILISE KOOSTISE OLENEVUS LÄMMASTIKUGA TOITUMISEST

Resüme

Valkude, süsivesikute ja lipiidide sisalduse osas uuriti rohevetikate *Chlorococcum botryoides* Rabenh., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod. ja *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* G. M. Smith keemilise koostise sõltuvust erinevate lämmastikuhulkadega toitumisest.

Vetikaid kasvatati 14 päeva 1 liitris põhitoeilahuses, mida pidevalt luminescentslampidega valgustati ja süsihappegaasiga rikastatud õhuga segati. Lämmastik lisati põhitoeilahusele kaaliumnitraadi kujul iga päev kuues paralleelkatses vastavalt kogustes 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 15,0 ja 20,0 mg N 1 liitri kultuuri kohta.

Kultuuride küllaldasel varustamisel lämmastikuga akumuleerisid rohevetikad, olenevalt tüvest, eelistatult kas valkaineid või süsivesikuid. Lisatava lämmastikuhulga vähendamise tagajärjel langes valgusisaldus kõigis uuritud vetikates 7–10%-ni ja ainevahetus nihkus kas süsivesikute või lipiidide biosünteesi suunas, mis samuti olenes tüvest. Kõik kolm *Scenedesmus*'e tüve akumuleerisid peamiselt süsivesikuid ja see toimus enne kultuuride saagikuse langust, mida põhjustas lämmastikuga piiratult varustatus. *Chlorococcum botryoides*'e rakud akumuleerisid rasvaineid märgatavates kogustes alles lämmastiku nälguse korral, millal nende fotosünteesiline produktiivsus oli juba langenud.

Meie katsete tulemused viitavad sellele, et algohevetikate ainevahetus on suunatud kas valkude, süsivesikute või lipiidide biosünteesi poole, sõltudes vetika liigist või tüvest ja lämmastikuga toitumise tingimustest.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Saabus toimetusse
27. II 1964

V. JAASKA

DEPENDENCE OF THE PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOME GREEN ALGAE ON NITROGEN NUTRITION CONDITIONS

Summary

The dependence of the protein, carbohydrate, and lipid content in the green algae *Chlorococcum botryoides* Rabenh., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., and *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* G. M. Smith on the supply of different amounts of nitrogen has been studied.

The algae were grown for 14 days in 1 litre of the basic nutrient solution under continuous illumination by daylight fluorescent lamps and continuous aeration with CO₂-in-air mixture. Nitrogen in the form of potassium nitrate was added to the medium every day in quantities of 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0, and 20.0 mg N per 1 litre of the culture.

When grown under an adequate supply of nitrogen, the green algae accumulated preferentially proteins or carbohydrates depending on the algal strain. The reduction of the amount of nitrogen supplied resulted in a decrease of the protein content in all the investigated green algae up to 7–10%, and in a shift of the metabolic pattern in the direction of a biosynthesis of carbohydrates or lipids depending on the algal strain as well. Owing to a limited supply of nitrogen, all the three strains of *Scenedesmus* accumulated carbohydrates before the yields dropped. The cells of *Chlorococcum botryoides*, however, accumulated considerable quantities of fatty material under the conditions of nitrogen starvation only, when photosynthetic productivity had already dropped.

The results of our studies indicate that the metabolic pattern of the unicellular green algae is shifted towards the biosynthesis of protein, carbohydrates or lipids, depending on the species or strain of the algae as well as on nitrogen nutrition conditions.

Academy of Sciences of the Estonian S. S. R.,
Institute of Zoology and Botany

Received
Feb. 27th, 1964