

УДК 595.34:591.4 (262.5)

*У роботі досліджена морфометрична мінливість різних параметрів у трьох видів чорноморських акарцид: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*. Виявлені найбільш мінливі: довжина антенул, довжина і ширина проксимальних гілок, а у самок ще і всі параметри п'ятих ніг. Це дозволило рекомендувати використовувати їх, а також довжину і ширину цефалоторакса і довжину абдомена як маркери для оцінки морфологічної мінливості акарцид в екологічній оцінці стану навколишнього середовища*

Ключові слова: Чорне море, копеподи, морфологічна мінливість, стан навколишнього середовища

*В работе исследована морфометрическая изменчивость различных параметров у трех видов черноморских акарцид: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, *Acartia margalefi*. Выявлены наиболее изменчивые: длина антенул, длина и ширина проксимальных ветвей, а у самок еще и все параметры пятых ног. Это позволило рекомендовать использовать их, а также длину и ширину цефалоторакса и длину абдомена в качестве маркеров для оценки морфологической изменчивости акарцид при экологической оценке состояния окружающей среды*

Ключевые слова: Черное море, копеподы, морфологическая изменчивость, состояние окружающей среды

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧЕРНОМОРСКИХ АКАРЦИД: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

О. А. Гарбазей

Аспирант, ведущий инженер*

E-mail: gs535@mail.ru

Ю. А. Загородняя

Кандидат биологических наук,

ведущий научный сотрудник*

E-mail: artam-ant@yandex.ua

*Отдел Планктона

Институт биологии южных морей

им. А.О. Ковалевского НАНУ

пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, Украина, 99011

1. Введение

Актуальной задачей экологических исследований является оценка состояния популяций в связи с антропогенными изменениями среды. Чем меньше уровень морфологической изменчивости организмов, тем благоприятнее условия их обитания. Для этого необходимо иметь методы корректного определения этой изменчивости. Исследование изменчивости как общеприродного явления имеет ряд основных аспектов. Исторически наиболее традиционными являются исследования морфологического разнообразия организмов в связи с проблемами систематики и таксономии, помогая разрешать спорные вопросы. Например, у двух видов черноморских акарцид были обнаружены существенные различия в форме 5 пары ног, строение которых важно для идентификации вида. Крайне низкая частота встречаемости этих отклонений и наличие среди них переходных форм позволило считать их уродствами [4]. Так же, в последнее время появились работы о неоднородности вида *Acartia clausi* в разных районах, например, в Черном море [10]. Для изучения этого вопроса необходимо проводить полные морфологические исследования со статистическим анализом выявленных внутривидовых различий.

2. Актуальность темы

Планктонные копеподы существуют в водоемах в виде скоплений разного масштаба [8, 9]. В то же время, существующая практика длительного мониторинга состояния копепод не учитывает такие устойчивые скопления. Полевые исследования морфометрических характеристик рачков *Acartia clausi* из разных скоплений показали наличие небольших, но статистически достоверных различий среднего облика рачков из разных скоплений [6]. Для анализа каких-либо временных трендов необходима информация о принадлежности взятых на исследование проб к одному или нескольким скоплениям. Для этого необходимы надежные методы оценки морфологической изменчивости, т.е. конкретные морфологические маркеры.

С этой целью была проведена методическая работа, в результате которой выявлены морфологические признаки, которые можно использовать как маркеры состояния популяций и их изменчивости в разных районах. В качестве таких признаков предлагается использовать те, которые характеризуют общий размер копепод и те, которые проявляют наибольшую изменчивость, то есть наиболее чувствительны к условиям среды.

Объектом исследований выбран род *Acartia*. Его представители являются массовыми в Азово-Черноморском регионе, они широко распространены в акваториях с разной соленостью. Акарций можно встретить в бухтах, лагунах и открытой части Черного и Азовского моря. Диапазон солености, при которой *A. clausi* встречается в природе от 10 – 12 до 35 ‰ [1, 2]. Эвригалинная *A. tonsa* переносит большой диапазон солености от 1 до 72 ‰ [7]. В экспериментальных условиях соленостная толерантность *A. clausi* находится в пределах 16 – 33 ‰, а *A. tonsa* – от 2 до 33 ‰ [7]. Среди черноморских акарциид есть круглогодичные виды (*A. clausi*) и типично летние формы (*A. tonsa* и *A. margalefi*). Популяции, обитающие в различающихся условиях среды, например, по температуре и солености, в разных акваториях (бухты и открытая часть моря) по своей структуре неоднородны. Изменения размеров черноморской акарции под влиянием температуры описаны А. В. Ковалевым [3] как сезонная изменчивость. Учитывая важное место акарций в экосистеме Черного моря, необходимо уметь корректно оценивать состояние популяций акарций на основании изучения различных типов изменчивости.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: дать оценку пространственно-временной изменчивости морфологических параметров и провести анализ вариабельности морфологических характеристик особей в пробах.

3. Материалы и методы

Для исследования выбраны пробы зоопланктона из разных районов Черного моря: Керченское предпроливье (1) и северо-западная часть Черного моря (2) – ноябрь 2010; 2,5 мили от Севастопольской бухты (3) и бухта Круглая (4) – лето 1986г., из которых были выбраны *A. clausi* (в дальнейшем, называемые выборками 1, 2, 3, 4). Кроме того, исследовались другие виды *A. margalefi* из Сиваша и *A. tonsa* из Черного моря. После количественной обработки проб из каждой пробы произвольно отбирали по 20 экземпляров половозрелых самок и самцов. У самок под микроскопом Leica DM2500 при увеличении 100 и 200 было измерено 15 морфологических признаков, у самцов – 9. Всего было препарировано 240 рачков.

У самок измерялись следующие параметры: длина цефалоторакса ($L_{ц.}$), ширина цефалоторакса ($H_{ц.}$), длина абдомена ($L_{абд.}$), длина антеннулы правой и левой ($L_{ан. пр.}$, $L_{ан. лев.}$), длина проксимальной ветви правой и левой ($L_{п.в. пр.}$, $L_{п.в. лев.}$), ширина проксимальной ветви правой и левой ($H_{п.в. пр.}$, $H_{п.в. лев.}$), длина первого членика правой и левой пятой ноги ($L_{1 чл. пр.}$, $L_{1 чл. лев.}$), ширина первого членика правой и левой пятой ноги ($H_{1 чл. пр.}$, $H_{1 чл. лев.}$), длина второго членика правой и левой пятой ноги ($L_{2 чл. пр.}$, $L_{2 чл. лев.}$). У самцов: длина цефалоторакса ($L_{ц.}$), ширина цефалоторакса ($H_{ц.}$), длина абдомена ($L_{абд.}$), длина антеннулы правой и левой ($L_{ан. пр.}$, $L_{ан. лев.}$), длина фуркальной ветви правой и левой ($L_{фв. пр.}$, $L_{фв. лев.}$), ширина фуркальной ветви правой и левой ($H_{фв. пр.}$, $H_{фв. лев.}$).

Выбранные для анализа признаки являются в основном либо общепринятыми в систематике copepod при изучении морфологии, либо они связаны с

функциями движения и парения рачков. Такое сравнительно большое количество рассматриваемых морфологических признаков необходимо для того, чтобы обнаружить признаки, по которым рачки из разных акваторий и разных видов устойчиво различались. Анализ большого количества признаков снижает возможность ошибок и случайностей при выяснении характера индивидуальной популяционной изменчивости по комплексу признаков.

Результаты измерений обрабатывались стандартными статистическими методами. Проводилось сравнение значимости различий линейных значений параметров между выборками из разных районов, дисперсии сравнивались с помощью критерия Фишера, если между дисперсиями различия были не достоверны, то средние значения сравнивали с помощью t-критерия Стьюдента, если дисперсии различались достоверно, то средние значения сравнивали по приближенному t-критерию [5].

4. Определение наиболее чувствительных морфологических параметров у одного вида *Acartia clausi* из разных районов

Сравнив данные первичной статистической обработки, мы смогли определить, какие параметры чаще всего различаются в разных выборках. Для этого мы сравнивали попарно (при степени достоверности $p=0,005$) средние значения каждого морфометрического параметра рачков из четырех разных выборок (табл. 3 и 4) и определили что у самок чаще всего различия встречаются в длине антеннул ($L_{ан. пр.}$, $L_{ан. лев.}$), длине правой проксимальной ветви ($L_{п.в. пр.}$), длине первого членика пятых ног ($L_{1 чл. пр.}$, $L_{1 чл. лев.}$); в 3 парах – в длине левой проксимальной ветви ($L_{п.в. лев.}$), длине второго членика пятых ног ($L_{2 чл. пр.}$, $L_{2 чл. лев.}$). Меньше (в 2 парах) – в длине цефалоторакса ($L_{ц.}$), ширине проксимальных ветвей ($H_{п.в. пр.}$, $H_{п.в. лев.}$), ширине первого членика пятых ног ($H_{1 чл. пр.}$, $H_{1 чл. лев.}$), в ширине цефалоторакса ($H_{ц.}$) – 1 пара, в длине абдомена ($L_{абд.}$) различий нет.

У самцов чаще всего (в 3 парах) различаются длина антеннул ($L_{ан. пр.}$, $L_{ан. лев.}$), длина фуркальных ветвей ($L_{фв. пр.}$, $L_{фв. лев.}$), в 1 парах – длина абдомена ($L_{абд.}$), ширина проксимальных ветвей ($H_{п.в. пр.}$, $H_{п.в. лев.}$), нет различий в длине и ширине цефалоторакса ($L_{ц.}$, $H_{ц.}$) (табл. 1)

Итак, видно, чаще различия средних размеров у рачков одного вида между выборками проявляются по следующим параметрам: у самок и у самцов по длине антеннул и длине проксимальных ветвей, а у самок еще и по длине первого и второго члеников пятых ног. Практически нет различий в средних размерах морфологических признаков как самок и самцов в выборках 1 и 2.

В каждой выборке встречаются как крупные, так и более мелкие особи, поэтому были определены относительные размеры каждого параметра особей путем деления размера параметра на длину цефалоторакса и их средние по выборкам (т.к. их отдельные части пропорциональны размерам тела).

Практически по всем параметрам средние во второй выборке оказались выше, чем в других. Поэтому

параметры второй выборки принимаем за 100% и называем ее базисной. Полученные относительные средние выборок 1, 3, 4 сравним с аналогичными показателями второй выборки и выражаем в %. Результаты представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 1

Достоверность различий морфологических признаков по их средним величинам при попарном сравнении четырех выборок самок и самцов *Acartia clausi*

Признаки	Сравниваемые районы					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
самки						
L _{ц.}			да	да		
H _{ц.}					да	
L _{абд.}						
L _{ан.пр.}			да	да		да
L _{ан.лев.}			да	да	да	да
L _{п.в.пр.}			да	да	да	да
L _{п.в.лев.}			да		да	да
H _{п.в.пр.}		да		а		
H _{п.в.лев.}		да		да		
L _{1чл.пр.}		да	да	да	да	
L _{1чл.лев.}		да	да	да	да	
H _{1чл.пр.}		да		да		
H _{1чл.лев.}	да	да		да		
L _{2чл.пр.}		да		да	да	
L _{2чл.лев.}		да		да	да	
самцы						
L _{ц.}						
H _{ц.}						
L _{абд.}					да	
L _{ан.пр.}			да		да	да
L _{ан.лев.}			да		да	да
L _{п.в.пр.}			да			да
L _{п.в.лев.}					да	да
H _{п.в.пр.}						
H _{п.в.лев.}				да		

Сравнение относительных параметров в процентах (для самок)

N выб.	N параметров														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	99	100	101	101	100	98	103	96	104	96	111	94	98	111	92
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	96	96	104	102	99	96	103	92	101	72	87	110	71	85	102
4	98	95	104	107	93	93	114	93	114	82	97	105	81	97	98

Примечание: 1. Параметры: 1 - L_{ан.пр.}, 2 - L_{ан.лев.}, 3 - L_{ц.}, 4 - H_{ц.}, 5 - L_{абд.}, 6 - L_{пв.пр.}, 7 - H_{пв.пр.}, 8 - L_{пв.лев.}, 9 - H_{пв.лев.}, 10 - L_{1чл.пр.}, 11 - H_{1чл.пр.}, 12 - L_{2чл.пр.}, 13 - L_{1чл.лев.}, 14 - H_{1чл.лев.}, 15 - L_{2чл.лев.}. 2. Выборки: 1 - Керченское предпроливье, 2 - северо-западная часть Черного моря, 3 - 2,5 мили от Севастопольской бухты, 4 - бухта Круглая

В результате мы получили у самок наибольший размах колебаний у L_{1 чл. пр.} (28%), L_{1 чл. лев.} (25%), H_{1 чл. пр.} (15%), H_{1 чл. лев.} (29%), L_{2 чл. пр.} (26%), L_{2 чл. лев.} (10%), меньшие колебания у размеров H_{ц.} (7%), L_{абд.} (7%), L_{пв. пр.} (7%), L_{пв. лев.} (15%), H_{пв. пр.} (7%), H_{пв. лев.} (15%) и самые

меньшие колебания размеров у L_{ан. пр.} (4%), L_{ан. лев.} (5%), L_{ц.} (5%). У самцов больше колеблются размеры L_{абд.} (9%), L_{пв. пр.} (13%), L_{пв. лев.} (7%), H_{пв. пр.} (15%), H_{пв. лев.} (8%) и менее - L_{ан. пр.} (4%), L_{ан. лев.} (5%), L_{ц.} (5%).

Таблица 3

Сравнение относительных параметров в процентах (для самцов)

N выб.	N параметров								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	99	103	103	100	101	99	101	97	102
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	103	101	107	98	103	103	98	101	97
4	105	97	106	92	90	90	105	86	105

Примечание см. табл. 2

По данным табл. 2 и 3 построены графики (рис. 1, 2), на оси абсцисс - параметры, на оси ординат - % отклонений значени

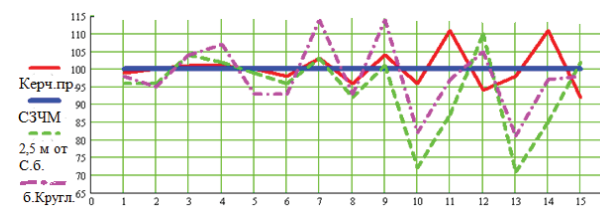


Рис. 1. Колебания относительных величин параметров самок *A. clausi* в процентах. Примечание: 1. Параметры: 1 - L_{ан.пр.}, 2 - L_{ан.лев.}, 3 - L_{ц.}, 4 - H_{ц.}, 5 - L_{абд.}, 6 - L_{пв.пр.}, 7 - H_{пв.пр.}, 8 - L_{пв.лев.}, 9 - H_{пв.лев.}, 10 - L_{1чл.пр.}, 11 - H_{1чл.пр.}, 12 - L_{2чл.пр.}, 13 - L_{1чл.лев.}, 14 - H_{1чл.лев.}, 15 - L_{2чл.лев.}

Из рисунков видно, что выборки 1 и 2 наиболее близки по средним относительным размерам параметров между собой, они обе из открытых районов моря. Прибрежный район (выб. 3) больше отличается от открытых районов (2 и 1). Наибольшие отклонения от базисной выборки наблюдаются в выб. 4, которая взята в бухте Круглая. Следовательно, по морфологическим показателям популяция в открытом районе более однородна, чем в прибрежье.

Таблица 2

Так же мы видим, что колебания относительных размеров параметров самцов выше, чем у самок. Следовательно, у самцов сильнее выражена изменчивость морфологических признаков внутри популяции, аналогично отмечалось и у других животных, хотя считается, что изменчивость выше у самок.

У самок между выборками обнаружился больший размах колебаний относительных размеров левой проксимальной ветви, а у самцов, наоборот, правой проксимальной ветви. По остальным параметрам таких различий не отмечено.

Нормализовав данные по средним относительным размерам параметров, мы получили наглядную картину близости выборок между собой по морфологическим параметрам (рис. 3). (Primer 5)

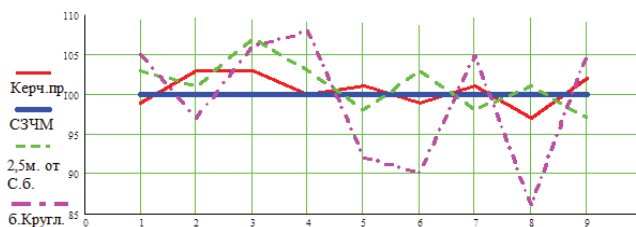


Рис. 2. Колебания относительных величин параметров самцов *A. clausi* в процентах. Примечание: см. рис. 1

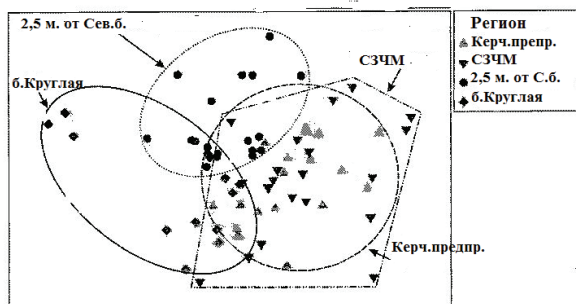


Рис. 3. Распределение выборок по морфологическим параметрам

Из данного рисунка видно, что наиболее сходны по морфологическому строению выборки из Керченского предпроливья и северо-западной части Черного моря (открытые районы), больше различий с выборкой, взятой в 2,5 милях от Севастопольской бухты и еще больше с выборкой из б. Круглой.

Для характеристики однородности выборки по морфологическим параметрам были рассчитаны коэффициенты вариации отдельно каждого параметра. Проанализировав коэффициенты вариации получили, что наименьшая изменчивость размеров внутри в 4 выборке и у самок, и у самцов. Следовательно, можно говорить, что выборка из бухты Круглая более однородна, чем в открытых районах. Анализ изменчивости отдельных параметров внутри исследуемых выборок показал, что наибольшая изменчивость наблюдается у самок по всем параметрам 5 ног (кроме 4 выборки, $H_{1ч.л.}$ не изменялась), в длине и ширине п.в. ($4 - H_{п.в.}$ не изменялась), длине антеннул, длине абдомена. У самцов - в длине и ширине п.в., длине абдомена, длине антеннул.

Именно по этим же параметрам были выявлены наибольшие различия и между выборками.

5. Определение наиболее чувствительных параметров у трех разных видов акариид

Для определения морфологической изменчивости акариид помимо *A. clausi* были взяты два других вида – *A. tonsa* и *A. margalefi*.

Учитывая существенные различия в размерах трех видов черноморских акариид, сравнение морфологических показателей было проведено только для близких по размерам двух видов *A. clausi* и *A. tonsa*.

Практически по размерам всех параметров *A. clausi* и *A. tonsa* достоверно различаются.

A. margalefi достоверно отличалась от *A. clausi* и *A. tonsa* по размерам всех исследуемых морфологических признаков.

Были рассчитаны коэффициенты вариации исследуемых признаков у самок и самцов *A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi*, чтобы оценить уровень внутрипопуляционную изменчивость каждого вида. Получено, что уровень изменчивости *A. tonsa* ниже, чем у двух других видов и у самок и у самцов.

У всех трех видов наибольшая изменчивость размеров признаков наблюдается у самок во всех параметрах 5 ног, в длине и ширине ф.в, в длине антеннул, длине абдомена.

У самцов - у длины и ширины п.в., длины абдомена и длины антеннул.

Эти же параметры были наиболее изменчивые и у аборигенной *A. clausi*.

Полученные результаты исследований по коэффициентам вариации билатеральных признаков трех видов акариид были сгруппированы в кластеры. Кластеры группировались по коэффициентам вариаций исследованных параметров отдельно у самок и самцов (рис. 4).

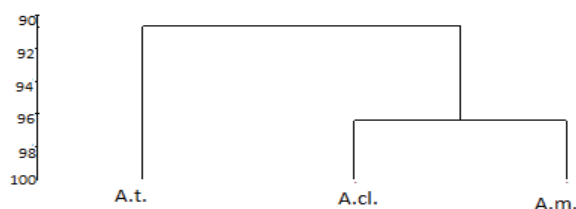


Рис. 4. Кластеры по уровню изменчивости самок *A. clausi*, *A. tonsa* и *A. margalefi*

Аналогичный рисунок получен и по самцам.

По этим данным можно сделать вывод, что уровень изменчивости одинаковый у аборигенных видов (*A. clausi* и *A. margalefi*.) и иной у вида-вселенца (*A. tonsa*), у *A. tonsa* он ниже.

6. Выводы

Результаты исследований показали, что наибольшая изменчивость у *A. clausi* наблюдается в длине антеннул, размерах проксимальных ветвей, а у самок еще и во всех параметрах пятых ног. Данные, полученные по другим видам акариид (*A. tonsa*, *A. margalefi*) показали наибольшую изменчивость практически тех же параметров, не смотря на их различия видового и размерного состава. Это позволяет рекомендовать использовать в качестве маркеров для оценки морфологической изменчивости исследованных акариид следующие параметры: длину антеннул, длину и ширину проксимальных ветвей, а у самок дополнительно и длину первого и второго члеников пятых ног, как наиболее изменчивые параметры. Необходимо так же учитывать длину и ширину цефалоторакса и длину абдомена, в качестве параметров, характеризующих индивидуальные размеры исследуемых особей. Кроме того, было замечено, что эти же маркеры значительно отличаются у организмов собранных в акваториях с различным экологическим

состоянием и таким образом могут использоваться для их характеристики, что предполагает продолжение исследований в этом направлении.

При отсутствии направленной асимметрии в качестве маркера можно брать только признак или с левой или с правой стороны.

Литература

1. Загородняя, Ю. А. Таксономический состав и количественные характеристики зоопланктона в восточном Сиваше летом 2004 г. [Текст] / Ю. А. Загородняя // Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей. - 2006. - Т. 8. - Апатиты, - С. 103 - 114.
2. Ковалев, А. В., Количественные характеристики микрозоо- и мезопланктона в прибрежной зоне Азовского моря [Текст] // Ковалев, А. В., Светличный Л. С. - 1986. ИнБЮМ АН УССР. - Севастополь, - 11с. Деп. в ВИНТИ 05.03.1986, № 1502-В.
3. Ковалев, А. В. Изменчивость и некоторые экологические особенности Соперода Черноморского планктонного комплекса в морях средиземноморского бассейна [Текст] : дис. ... канд. биол. наук./ Ковалев А. В.- Севастополь, 1967. - 190 с.
4. Серегин, С. А. Некоторые характеристики бактерио- и зоопланктона как показатели качества морской среды [Текст] / Серегин С. А., Попова Е. В.// Рыбное хозяйство Украины. - 2010. - №5. - С. 30 - 33.
5. Урбах, В. Ю. Биометрические методы. [Текст] / Урбах В. Ю. - М., Наука, 1964. - 415 с.
6. Шадрин, Н. В. Агрегации планктонных копепоид: гипотетическая модель флуктуирующего облака [Текст] / Шадрин Н. В. // Морской экологич. журн., 2011. - 10, № 2. - С. 78 - 82.
7. Calliari, D. Salinity modulates the energy balance and reproductive success of co-occurring copepods *Acartia tonsa* and *A. clausi* in different ways [Текст] /Calliari D, Andersen C.M., Thor P., Gorokhova E., Tiselius P // Mar. Ecol. Prog. Ser. - 2006. - С. 177-188.
8. Folt, C. L. Biological drivers of zooplankton patchiness [Текст] / Folt C. L., Burns C. W // Trend in Ecology & Evaluation. - 1999. - N 8. - P.300-305.
9. Sims, D. W. Biological drivers of zooplankton patchiness [Текст] / Sims D. W., Southall E. J., Humphries N. E. // Nature. - 2008. - С. 1098-1102
10. Shmeleva, A. A. Three new species of *Acartia* (Copepoda, Calanoida, Acartiidae) from the Black Sea [Текст] / Shmeleva A. A., Selifanova J. P.// 9-th Intern. Conf. on Copepoda. Hammamet, Tunisia, July 11-15, 2005. - Abstract book. - С. 57

Досліджено вміст нітратів, радіонуклідів, солей важких металів в різних ботанічних сортах цибулинних овочів, а саме цибулі ріпчастої та часнику. Отримані дані дають підставу констатувати наявність сортової специфічності та особливостей локалізації токсикантів в анатомічних частинах цибулі ріпчастої та часнику, що дає змогу їх правильного та цілеспрямованого відбору для різних напрямків використання

Ключові слова: нітрати, радіонукліди, солі важких металів, цибуля ріпчаста, часник

Исследовано содержание нитратов, радионуклидов, солей тяжелых металлов в различных ботанических сортах лука репчатого и чеснока. Полученные данные дают основание констатировать наличие сортовой специфичности и особенностей локализации токсикантов в анатомических частях лука репчатого и чеснока, что позволяет произвести их правильный и целенаправленный отбор для различных направлений использования

Ключевые слова: нитраты, радионуклиды, соли тяжелых металлов, лук репчатый, чеснок

УДК 664.849:519.85

ЛОКАЛІЗАЦІЯ КОНТАМІНАНТІВ У КОМПАРТАМЕНТАХ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ТА ЧАСНИКУ

А. А. Дубініна

Кандидат технічних наук, професор,
завідуюча кафедрою

Кафедра товарознавства та експертизи товарів
Харківський державний університет
харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: tovaroved206@rambler.ru

1. Вступ

Речовини, які надходять із навколишнього середовища й мають токсичну дію ще називають

контамінантами їжі й розділяють на дві групи: 1 – хімічної природи: токсичні (важкі метали), пестициди, нітрати, нітрити, нітросполуки, радіонукліди, поліциклічні ароматичні вуглеводи; діоксини;