



РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 582.885

Е.Н. Берестенко, Д.Е. Кислов

ИНДИКАЦИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *TRAPA* L. ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ПЛОДОВ

На основе экспертных представлений и результатов статистического анализа изменчивости морфометрических признаков плодов рода *Trapa* L., произрастающих на территории Приморского края, построен ключ для их видовой дифференциации. Приводятся результаты машинной классификации плодов по общим морфометрическим показателям, дается оценка точности определения видов.

Ключевые слова: семейство *Trapaceae*, род *Trapa* L., рогульник, систематика, Приморский край, классификационный ключ.

E.N. Berestenko, D.E. Kislov

CLASSIFICATION OF GENUS *TRAPA* L. SPECIES OF THE PRIMORSKIY KRAI BY FRUIT MORPHOMETRIC FEATURES

On the basis of the expert representations and the statistical analysis results of the fruit morphometric feature variability of sort *Trapa* L. growing in the territory of Primorsky Krai, the key for their specific differentiation is developed. The fruit machine classification results on the general morphometric indices are resulted, the assessment of the sort definition accuracy is given.

Key words: *Trapaceae* family, genus *Trapa* L., caltrop, systematization, Primorsky Krai, classification key.

Введение. Водяные орехи (род *Trapa* L., монотипное семейство *Trapaceae* Dumort.) – однолетние водные растения, являющиеся представителями остатков третичной флоры. Род *Trapa* L. широко распространен на юге российского Дальнего Востока [7, 8], однако до сих пор нет единого мнения о его таксономическом составе. Причина неоднозначных мнений по видовому разнообразию рода – высокий уровень полиморфизма, прежде всего, на уровне морфометрических признаков плодов, которым ученые уделяют первоочередное внимание. Для территории Дальнего Востока России характерно от 3 [5] до 8 [13] и даже 10 [2] видов водяного ореха. В последние годы из Приморского края Л.М. Пшенниковой [10, 11] описано еще 3 новых вида. Среди исследователей, занимавшихся вопросами систематики водноореховых, существуют две точки зрения относительно критериев для выделения тех или иных видов. Одна из них (наиболее распространенная) заключается в том, что основной морфологической единицей для различения видов должен служить плод. Другая предполагает в вопросах систематики не последнюю роль вегетативным и генеративным органам. Основным приверженцем второго подхода был В.Н. Васильев [2, 3]. Сторонники же первого подхода вегетативным органам отводят вспомогательную роль [4, 5, 10, 11, 13]. Основным результатом проведенных исследований явился формулируемый ниже ключ для определения всех видов водноореховых, известных на территории Приморского края. Отличительной особенностью этого ключа от уже существующих [4, 5, 13] является то, что он построен на метрических признаках плодов, для которых с помощью статистических методов установлена наибольшая информативность. Построенный ключ включает все 8 видов *Trapa* Приморского края, в том числе и один вид (*T. nedoluzhkoii*), не включенный ни в одну из уже известных сводок.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований явились 8 видов водяных орехов, известных на территории Приморского края. Все они относятся к двум секциям: *Prototrappa* Tzvel. (*T. incisa* Sieb. et Zucc., *T. maximowiczii* Korsh., *T. nedoluzhkoii* Pshennikova) и *Trappa* Tzvel. (*T. japonica* Fler., *T. khankensis* Pshennikova, *T. kozhevnikoviorum* Pshennikova, *T. manshurica* Fler., *T. pseudoincisa* Nakai).

Материалом для исследований послужили плоды перечисленных видов, собранные в ходе полевых работ на территориях Дальнереченского, Кировского, Пожарского, Спасского, Уссурийского, Ханкайского и

Хасанского районов Приморского края, а также в условиях культуры в Ботаническом саду-институте ДВО РАН [9, 12]. Для каждого плода осуществлялись измерения его морфометрических показателей. В зависимости от принадлежности вида к той или иной секции количество параметров плодов не оставалось постоянным. Перечень всех морфометрических признаков представлен в табл. 1 и на рис. 1.

Оценка дискриминационного потенциала морфометрических показателей плодов проводилась на основе традиционной и непараметрической схем дисперсионного анализа. При соответствии данных нормальному распределению (в качестве критерия согласия для проверки соответствия данных нормальному распределению использовался тест Шапиро-Уилка) и равенстве дисперсий использовалась традиционная схема однофакторного дисперсионного анализа Фишера, в противном случае, использовался непараметрический тест Крускала-Уоллиса [6].

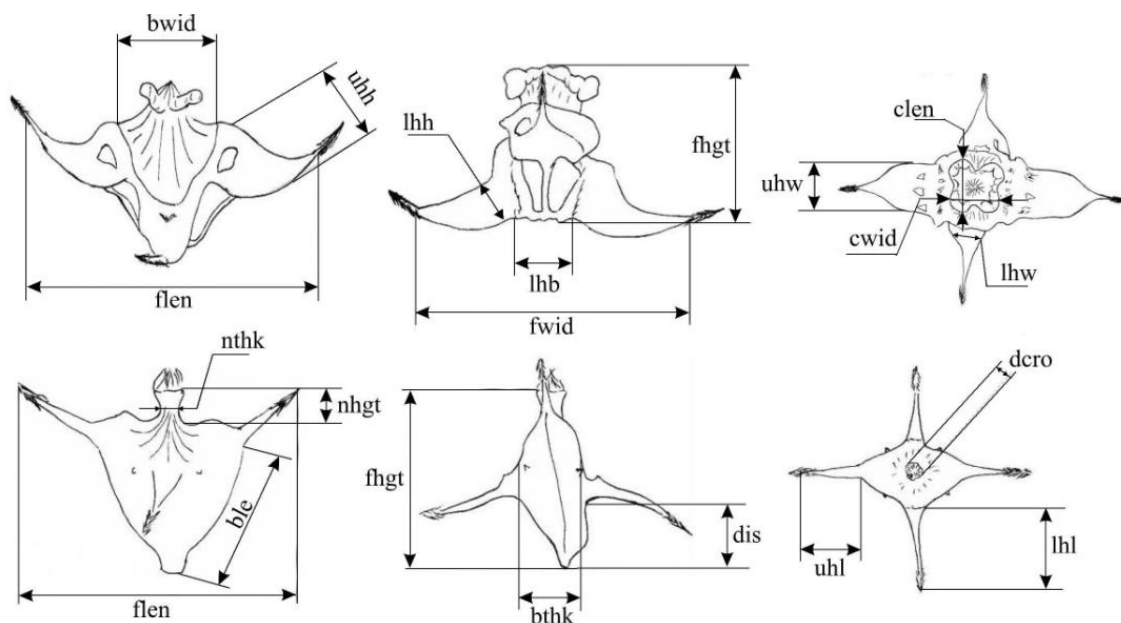


Рис. 1. Схема измерений морфометрических параметров плодов водяного ореха (вверху *T. manshurica* (секция *Trapa*), внизу *T. nedoluzhkoii* (секция *Prototrapa*))

Таблица 1

Условные обозначения морфометрических параметров плодов

Сокращение	Описание признака	Сокращение	Описание признака
flen	Длина по верхним рогам	uhh1	Высота верхних рогов
fwid	Ширина по нижним рогам	uhh2	
fhgt	Высота плода	uhw1	Ширина верхних рогов
bthk	Толщина тела плода	uhw2	
bwid	Ширина тела плода	lhl1	Длина нижних рогов
ble1	Длина тела плода	lhl2	
ble2		lhh1	Высота нижних рогов
clen	Длина коронки	lhh2	
cwid	Ширина коронки	lhw1	Ширина нижних рогов
dcro	Диаметр коронки	lhw2	
nhgt	Высота шейки	lhb	Расстояние между нижними рогами
nthk	Толщина шейки	dis1	Расстояние от основания плода до основания нижних рогов
uhl1	Длина верхних рогов	dis2	
uhl2			

Примечание. Цифры 1 и 2 после сокращенного названия параметра означают минимальную и максимальную характеристику из двух симметричных.

Классификация представителей водяных орехов осуществлялась с использованием аппарата линейных классифицирующих функций, а визуальное представление объектов в факторном пространстве с привлечением линейного дискриминантного анализа [1]. Следует отметить, что предпосылки, определяющие оптимальность линейной классификации (нормальность, равенство корреляционных матриц) не выполнялись в рассматриваемых случаях. Последнее, однако, не являлось ограничением для использования схемы линейной классификации, учитывая, что верификация ее результатов может проводиться на базе имеющихся данных путем их предварительного разделения на тестовые и обучающие выборки.

Для проведения расчетов использовалась интегрированная посредством языка программирования Python (с использованием пакета Rpy2 (<http://rpy.sourceforge.net>)) вычислительная среда, включающая возможности статистического пакета R (<http://r-project.org>) и библиотеки научных вычислений SciPy (<http://scipy.org>).

Результаты исследований и их обсуждение. Выполнение процедур статистического анализа осуществлялось на группах видов, предварительно разделенных в соответствии с принадлежностью их к той или иной секции, а также исходя из экспертных представлений о сходстве видов.

Состав сформированных групп имел следующий вид:

G1 – виды секции *Prototrapa* (*T. incisa*, *T. nedoluzhkoii*, *T. maximowiczii*);

G2 – виды секции *Trapa* с двурогими плодами (*T. japonica* (с. Богуславец, Ильинские озера), *T. khankensis*, *T. pseudoincisa*);

G3 – виды секции *Trapa* с четырехрогими плодами (*T. kozhevnikoviorum*, *T. manshurica* (Ильинские озера), *T. manshurica* (оз. Малое Мраморное)).

В качестве примера рассмотрим процедуру определения наиболее информативных показателей в плане дискриминации видов для группы G2.

В результате такого анализа были определены наиболее информативные в плане дискриминации видов признаки. В частности, было установлено, что подходящими признаками для дифференциации видов являются высота верхних рогов (uhh1, 2), длина коронки (clen), ширина коронки (cwid). Вместе с тем неприемлемым для разделения видов этой группы является такой признак, как расстояние от основания плода до основания нижних рогов (dis1, 2).

Результаты дисперсионного анализа для трех групп приведены в табл. 2. Первые три признака характеризуются наименьшим значением p-value и, следовательно, можно предположить, что они вносят больший вклад в разделение видов. Последним трем признакам свойственно наибольшее значение p-value, они характеризуются наименьшим вкладом в дискриминацию видов.

Таблица 2

Дисперсионный анализ для групп G1 – G3

G1		G2		G3	
Признак	p-value	Признак	p-value	Признак	p-value
flen	$4,1 \cdot 10^{-74}$	uhh1 (uhh2)	$2,14 \cdot 10^{-60}$	uhw2 (uhw1)	$8,57 \cdot 10^{-40}$
ble2	$3,2 \cdot 10^{-73}$	clen	$1,04 \cdot 10^{-59}$	uhh1 (uhh2)	$1,56 \cdot 10^{-29}$
fhgt	$1,8 \cdot 10^{-72}$	cwid	$2,56 \cdot 10^{-56}$	bthk	$6,62 \cdot 10^{-25}$
nthk	$9,5 \cdot 10^{-23}$	lhb	0,03	lhl1	0,17
lhh1	$2,2 \cdot 10^{-22}$	dis2	0,58	lhl2	0,08
lhl1 (lhl2)	$4,9 \cdot 10^{-15}$	dis1	0,81	flen	0,44

Следует отметить, что традиционные параметрические (дисперсионный анализ Фишера) и непараметрические (тест Крускала-Уоллиса) схемы множественного сравнения средних не позволяют в полной мере адекватно оценить дискриминационный потенциал морфометрических показателей. Это связано с тем, что по некоторым морфометрическим признакам в анализируемой группе видов могут одновременно состоять как сильно различимые по этому признаку виды, так и неразличимые. В связи с этим дополнительный анализ парных различий средних значений для видов, составляющих группу, является более предпочтительным.

Более конкретно судить о принципиальной возможности дифференциации видов по морфологическим параметрам плодов можно исходя из результатов метода «скользящего» (иностранный термин – leave-one-out cross validation) экзамена [1], который в данной работе применяется для оценки точности классификации,

выполняемой на базе традиционной схемы линейного дискриминантного анализа в вычислительной среде R (функция *lda* библиотеки MASS).

Распределение исходных данных в проекциях на главные дискриминантные оси (рис. 2) визуально позволяет судить об успешности разделения видов водяных орехов по их общим (табл. 3) морфометрическим показателям.

Таблица 3

Общие морфометрические признаки для групп G1–G3

G1	G2	G3
ble1, ble2, bthk, bwid, dis1, dis2, fhgt, flen, fwid, lhh1, lhh2, lhl1, lhl2, lhw1, lhw2, nhgt, nthk, uhh1, uhh2, uhl1, uhw1, uhw2, uhl2	bthk, bwid, clen, cwid, dis1, dis2, fhgt, flen, fwid, lhb, lhh1, lhh2, lhl1, lhl2, lhw1, lhw2, nhgt, uhh1, uhh2, uhw1, uhw2	bthk, bwid, clen, cwid, dis1, dis2, fhgt, flen, fwid, lhb, lhh1, lhh2, lhl1, lhl2, lhw1, uhh1, uhh2, uhw1, uhw2, lhw2

Для групп G1–G3 были получены следующие оценки ошибок классификации:

G1: *T. incisa* – ошибка классификации 1,3 %, *T. nedoluzhkoii* – 0 %, *T. maximowiczii* – 2,5 %;

G2: каждый из видов идентифицируется абсолютно точно (ошибка 0 %);

G3: *T. manshurica* (Ильинские озера) – 34 %, *T. manshurica* (оз. Малое Мраморное) – 49 %, *T. kozhevnikoviorum* – 0 %.

Из рисунка 2 видно, что наилучшим образом по имеющимся признакам классифицируются представители группы G2. При этом наиболее значимыми для дискриминации признаками являются высота верхних рогов (*uhh2*, *uhh1*) и длина коронки (*clen*). Этим же признакам по результатам дисперсионного анализа свойственно наименьшее значение *p-value*.

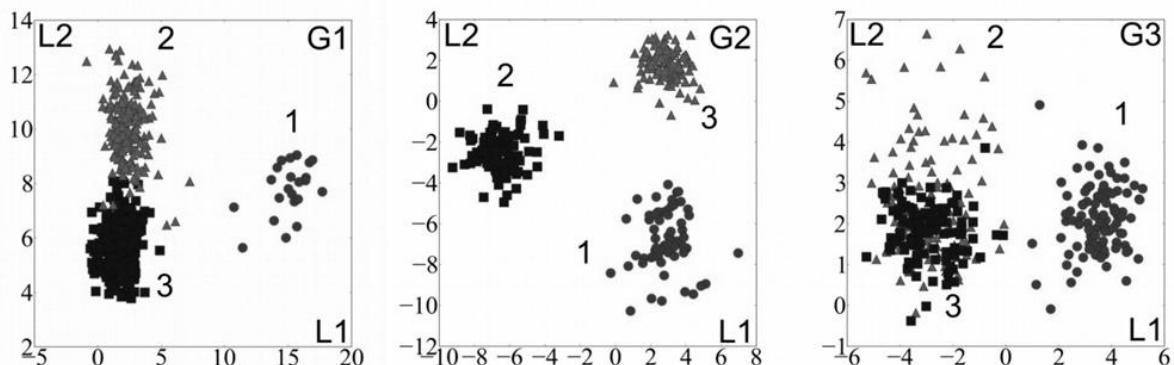


Рис. 2. Характеристики представителей групп G1–G3 в главных дискриминантных осях:

G1: 1 – *T. Nedoluzhkoii*; 2 – *T. Maximowiczii*; 3 – *T. incisa*; G2: 1 – *T. Japonica*; 2 – *T. Khankensis*;

3 – *T. pseudoincisa*; G3: 1 – *T. Kozhevnikoviorum*; 2 – *T. manshurica* (оз. Малое Мраморное); 3 – *T. manshurica* (Ильинские озера)

Группа G3 также довольно четко характеризуется восстановлением видовой структуры: *T. kozhevnikoviorum* определяется как отдельный вид, а вот *T. manshurica* из разных мест произрастания практически неотличимы. Этот очевидный вывод о невозможности разделения представителей одного вида с различных мест обитания имеет важное значение в контексте проводимых исследований. При визуальном сравнении *T. manshurica* (Ильинские озера) и *T. manshurica* (оз. Малое Мраморное), учитывая качественные и морфологические особенности плодов, можно заключить, что представители данных видов вполне различны. Однако использование общих для представителей группы G3 морфометрических признаков (табл. 3) указывает на невозможность их определенной дифференциации, что, в частности, является свидетельством успешности выбора рассматриваемого набора морфометрических показателей. Тем не менее возможно ис-

пользование более тонких методов, например, методов геометрической морфометрии, которые позволяют провести дифференциацию представителей *T. manshurica* с различных мест обитания.

Если говорить о значимых для классификации признаках, то общими по результатам дискриминантного анализа и парных сравнений средних таковыми можно считать толщину тела плода (bthk) и ширину верхних рогов (uhw1 и uhw2). Но эти виды хорошо отличаются по такому морфологическому признаку, как наличие/отсутствие шейки. В связи с этим количественные признаки, определяемые статистическими расчетами как значимые для классификации, должны использоваться наряду с качественными.

Группа G1 характеризуется четким отличием *T. nedoluzhkoi* от двух других видов секции *Prototrapa*, которые в свою очередь представляют больший интерес для классификации. Поскольку плоды видов *T. incisa* и *T. maximowiczii* при условии приблизительного равенства их метрических параметров практически неразличимы, вопрос о поиске наиболее информативных признаков очень актуален. Таковым признаком, однако, является не количественный, а качественный признак – наличие/отсутствие коронки. У *T. incisa* коронка отсутствует, у *T. maximowiczii* она развита в той или иной степени. Но достоверно эти виды отличаются по особенностям вегетативных и генеративных органов – по форме листовых пластинок и окраске венчика.

Обобщением изложенного является приводимый ниже ключ для определения видов *Trapa*, произрастающих на территории Приморского края. В основу определения видов положены морфометрические и структурные признаки плодов, лишенных экзокарпия. Признаки вегетативных органов, в частности, листьев, а также цветков, приводятся лишь в тех случаях, когда их особенности однозначно указывают на тот или иной вид. В нашем случае это относится к двум видам *T. incisa* и *T. maximowiczii*. Пожалуй, это единственные из изученных виды флоры юга Дальнего Востока, различия между которыми наиболее достоверно проявляются в особенностях морфологии листьев и цветков, нежели плодов.

Ключ к определению видов *Trapa*

1. Плоды сравнительно мелкие, 12–31 мм длиной по верхним рогам и 5–18 мм высотой. Поверхность тела плода, лишенного экзокарпия, гладкая, скульптура не развита. Плоды 4-рогие, рога отчетливо отделяются от тела плода2
 - Плоды среднего и крупного размера, 30–72 мм длиной и 11–32 мм высотой. Поверхность тела плода, лишенного экзокарпия, имеет обычно хорошо развитую скульптуру из бугров, вмятин и гребней. Плоды 2 или 4-рогие4
2. Нижние рога отходят практически от основания плода: расстояние от основания плода до основания нижних рогов 1–5 мм. Длина плода по верхним рогам больше ширины плода по нижним рогам.....3
 - Нижние рога отходят от середины тела плода: расстояние от основания плода до основания нижних рогов 5–9 мм. Длина плода по верхним рогам меньше или приблизительно равна ширине плода по нижним рогам.....*T. nedoluzhkoi*
3. Шейка не расширяется в коронку. Листовые пластинки ромбические. Цветки розовые, мелкие (до 10 мм высотой). Плоды 12–22 мм длиной и 5–11,5 мм высотой*T. incisa*
 - Шейка с едва заметной или хорошо различимой коронкой. Листовые пластинки с усеченным основанием. Цветки белые. Плоды 17–31 мм длиной и 8–17 мм высотой.....*T. maximowiczii*
4. Плоды двурогие. Нижние рога отсутствуют либо представлены короткими тупыми выростами, лишенными шипиков.....5
 - Плоды четырехрогие. Нижние рога хорошо развиты, как правило, несколько меньше верхних, имеют шипики7
5. Плоды разнообразны по форме и величине. Шейка имеется высотой 1–5 мм. Коронка округлой, вытянутой или лопастной формы, 3–21 мм длиной и 2,5–20 мм шириной.....6
 - Плоды веретеновидной или близкой к ней формы за счет постепенно сужающихся рогов, направленных горизонтально в стороны или несколько приподнятых. Шейка отсутствует, коронка лежит на теле плода или же незначительно над ним приподнимается. Длина и ширина коронки 3–7 мм.....*T. khankensis*
6. Рога тонкие, направлены косо вверх, высота 1,5–3 мм. Шейка 2–4 мм толщиной, наверху расширяется в округлую коронку диаметром до 5 мм. Скульптура плода слабо развита, включая выросты на месте нижних рогов. Плоды 25–47 мм длиной и 10,5–20 мм высотой.....*T. pseudoincisa*
 - Рога утолщенные, высотой 3–20 мм. Шейка 2–12,5 мм толщиной. Коронка 4,5–21 мм длиной и 4–20 мм шириной, округлой, квадратной, лопастной формы. Скульптура плода, как правило, хорошо развита. Выросты на месте нижних рогов могут достигать в длину 10 мм. Плоды 33–72 мм длиной и 12–32 мм высотой..... *T. Japonica*
7. Шейка имеется. Коронка хорошо развита, лопастная, длина и ширина ее 5–14 мм. Верхние рога часто загнуты кверху*T. manshurica*

-Шейка отсутствует. Коронка прямоугольная, лежит на теле плода, длина и ширина 5–11 мм. Верхние рога покатые, горизонтально направленные *T. kozhevnikoviorum*

Интересно отметить результаты исследований, направленные на анализ точности предлагаемого ключа. Поскольку данные обучающих выборок, используемых в случае линейной классификации, содержали исключительно количественные морфометрические показатели плодов, а переходы по иерархической структуре ключа предполагают знание качественных признаков, было решено провести анализ в отношении «упрощенного» ключа, полученного из исходного исключением всех качественных условий (были исключены такие важные диагностические признаки, как наличие/отсутствие шейки, количество рогов и др.; ключевое выражение «Нижние рога отсутствуют ...» было формализовано условием $lhl2 < 5$ мм). В результате тестирования работы «упрощенного» ключа было установлено, что вид *T. kozhevnikoviorum* определяется абсолютно точно, вид *T. incisa* – с ошибкой 8,7 %, *T. manshurica* – с ошибкой 18 %, *T. maximowiczii* – с ошибкой 23 %, *T. nedoluzhkoii* – с ошибкой 40 %, остальные – с ошибками более 50 %. Таким образом, даже в случае исключения всех качественных признаков при осуществлении переходов по классифицирующему дереву остается возможным успешное определение вида *Trapa*, по крайней мере, *T. kozhevnikoviorum* или *T. incisa*.

Заключение. При определении видов *Trapa* следует уделять первоочередное внимание не просто метрическим значениям тех или иных признаков, числовые диапазоны которых зачастую перекрываются, а информативным признакам. Наличие таких признаков позволяет избежать многочисленных измерений, тем самым оптимизируя и упрощая работу по определению видов. И здесь интересным является тот факт, что та или иная степень информативности свойственна таким структурным элементам плодов, как шейка и коронка. Именно на основании наличия/отсутствия шейки осуществляется разделение видов в секции *Trapa*, а по наличию/отсутствию коронки можно различить виды *T. incisa* и *T. maximowiczii* в секции *Prototrappa*.

В методологическом плане важно отметить то, что применение алгоритмов линейной классификации позволяет весьма точно идентифицировать видовую принадлежность водяных орехов. Таким образом, применение методов распознавания образов может быть эффективным при решении проблем систематики видов, характеризующихся выраженным полиморфизмом.

Литература

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков Е.С. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 608 с.
2. Васильев В.Н. Сем. Водяные орехи – Hydrocaryaceae Raimann // Флора СССР. – М.; Л., 1949. – Т. 15. – С. 637–662.
3. Васильев В.Н. Таксономическое значение вегетативных и генеративных органов рода *Trapa* L. // Ботанические материалы гербария Ботанического института им. Комарова АН СССР. – 1950. – Т. 13. – С. 146–156.
4. Ворошилов В.Н. Флора советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1966. – 480 с.
5. Ворошилов В.Н. Определитель растений советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1982. – 674 с.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
7. Куренцова Г.Э. Растительность Приморского края. – Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1968. – 192 с.
8. Куренцова Г.Э. Реликтовые растения Приморья. – Л.: Наука, 1968. – 72 с.
9. Пшенникова Л.М. Флористические находки редких водных растений в Приморском крае и на полуострове Камчатка // Интродукционные центры Дальнего Востока России: итоги исследований: мат-лы первой отчетной сессии регионального совета ботанических садов Дальнего Востока. – Владивосток, 2002. – С. 158–159.
10. Пшенникова Л.М. Сем. Роголистниковые – Trapaeeae Dumort. // Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» (1985–1996). – Владивосток: Дальнаука, 2006. – Т. 1–8. – С. 183–185.
11. Пшенникова Л.М. Новый вид рода *Trapa* (Trapaeeae) с Дальнего Востока России // Ботан. журн. – 2007. – Т. 92. – № 1. – С. 159–160.
12. Пшенникова Л.М., Берестенко Е.Н. Новые данные о распространении редких видов водных растений на территории российского Дальнего Востока // Ботан. журн. – 2006. – № 12. – С. 1951–1953.

13. Цвелев Н.Н. Сем. Рогульниковые, или Водноореховые – Trapaceae Dumort. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. – СПб.: Наука, 1995. – Т. 7. – С. 241–244.



УДК 635.21:631.445.4

А.А. Васильев

ВЛИЯНИЕ ГЛАУКОНИТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Автором статьи изучено влияние глауконита на фотосинтетическую деятельность и формирование урожая картофеля в условиях лесостепной зоны Южного Урала. Приведены результаты исследований, подтверждающие положительное влияние природного минерала на урожайность картофеля.

Ключевые слова: картофель, глауконит, глауконитовый песок, фотосинтез, вынос элементов питания.

A.A. Vasiliev

GLAUCONITE INFLUENCE ON THE POTATO PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND CROP CAPACITY

The glauconite influence on the potato photosynthetic activity and yield formation in the southern Ural forest-steppe zone is studied by the author of the article. The research results proving the natural mineral positive influence on the potato crop capacity are set forth.

Key words: potato, glauconite, glauconite sand, photosynthesis, nutritional element carry-out.

Введение. В рыночных условиях одним из путей повышения эффективности производства растениеводческой продукции является использование умеренных доз дорогостоящих минеральных удобрений за счет применения более дешевых природных минералов [1, 2]. Наибольшее применение среди природных минералов на Урале получил глауконит, разведанные запасы которого в Челябинской области превышают 300 млн т [3]. Исследования Южно-Уральского НИИ плодовоовощеводства и картофелеводства (2001–2003 гг.) показали, что глауконитовые пески Каринского месторождения пригодны для применения в качестве удобрения картофеля без предварительной подготовки. Наибольшая эффективность глауконитов отмечалась на фоне азотно-фосфорных удобрений ($N_{60}P_{60}$). В дозе 10 т/га глауконитовые пески повышали урожайность картофеля на 28,6 %, крахмалистости клубней – на 2,0 % по сравнению с фоном $N_{60}P_{60}$ [4]. Для картофелеводческих хозяйств Уральского региона была разработана технология возделывания картофеля с применением глауконита [5].

Цель исследований. Изучить влияние глауконитовых песков на фотосинтетическую деятельность и формирование урожая картофеля в условиях лесостепной зоны Южного Урала.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2004–2006 гг. Схема опыта. Фактор А – сорт: 1. Губернатор (ранний); 2. Невский (среднеранний); 3. Спиридон (среднеспелый). Фактор В – глауконит: 1. $N_{60}P_{60}$ (контроль); 2. $N_{60}P_{60}$ + глауконитовый песок в дозе 40 т/га.

Предшественник – чистый пар. Фракция семенных клубней – 80–100 г. Схема посадки – 80х35 см (35,7 тыс. клуб/га). Срок посадки – вторая декада мая. Глубина посадки – 8–10 см. Почва – окультуренный выщелоченный чернозем среднесуглинистого механического состава с содержанием гумуса 6,18–6,45 %, $N-NO_3$ – 5,8–7,4 мг/100 г, P_2O_5 – 21,9–29,2 мг/100 г, K_2O – 38,9–42,5 мг/100 г почвы, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,85–6,63.

Погодные условия различались по годам исследований. Вегетационный период (июнь–август) 2004 г. был засушливым (ГТК = 0,67), 2005 г. – достаточно влажным (ГТК = 1,36), 2006 г. – влажным (ГТК = 1,81).

Результаты исследований и их обсуждение. Применение глауконита оказывало положительное влияние на площадь ассимиляционной поверхности с самого начала вегетации (табл. 1). Так, на 20-й день после всходов у растений сорта Губернатор площадь листьев на фоне глауконита была на 12,6 % больше,