

14. *Slupski W., Tubek B., Matkowski A.* Micropropagation of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. by axillary shoot multiplication // *Acta biologica Cracoviensia. Series: Botanica.* – 2011. – Vol. 53, №2. – P. 87 – 93.
15. *Quoirin M., Lepoivre P.* Improved medium for in vitro culture of *Prunus* sp. // *Acta Hort.* – 1977. – № 78. – P. 437 – 442.

Статья поступила в редакцию 08.11.2018 г.

Molkanova O.I., Egorova D.A., Koroleva O.V., Gorbunov Y.N. Features of *in vitro* propagation in *Codonopsis lanceolata* (Siebold. & Zucc.) Benth. & Hook. fil. // *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.* – 2019. – № 130. – P. 35-42.

For the first time *Codonopsis lanceolata* (Siebold. & Zucc.) Benth. & Hook. fil. regenerants were obtained through direct organogenesis from axillary meristems without the stage of callus formation. The effect of the mineral composition of the culture medium, growth regulators, and their concentrations on the regeneration of microshoots were studied. The positive effect on the morphogenetic capacity of joint use of cytokinins and auxins is shown.

Key words: *Codonopsis lanceolata*; medicinal plant; clonal micropropagation; morphogenetic capacity

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.445.9:631.452:633.865

DOI: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.05

О КЛАССИФИКАЦИИ СКЕЛЕТНЫХ АГРОКОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ НИЗКИХ ТАКСОНОВ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Николай Евдокимович Опанасенко, Анна Павловна Евтушенко

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: anna_yevtushenko@mail.ru

Обоснована и предложена классификация скелетных и карбонатных агрокоричневых почв низких таксонов. Установлены информативные интегральные показатели плодородия агрокоричневых почв для оценки их пригодности для парковых декоративных растений (на примере Никитского сада).

Ключевые слова: *скелетные агрокоричневые почвы; классификация; плодородие почв; декоративные деревья*

Введение

Скелетные почвы в целом имеют разнообразные наименования: каменистые [7], литогенные [3], фрагментарные [1], примитивные [11], примитивно-аккумулятивные [4], щебенчатые [9], первичные неполные [21], аккумулятивно-литоморфные [23] и многие другие.

За этими и другими понятиями кроется глубокий научный смысл: подчеркивается первичный характер выветривающегося материала, выражается тесная связь почв с горной породой, отмечается малая мощность и слабая дифференцированность почвенной толщи, отражается аккумулятивный характер органического вещества, указывается на остатки литосферы в педосфере. Но некоторые термины некорректны [примитивные, аномальные и др.], неопределенны, громоздки, устарели или даже вносят путаницу в существо вопроса. Так, например, все почвы литогенны, а литогенными бывают различия между почвами, вызванные влиянием

различных горных пород. Говоря об этих почвах в целом, представляется называть их скелетными, как предлагали Г.Н. Высоцкий [2] и Н.М. Сибирцев [22].

В строго грамматическом смысле слова под скелетом понимается совокупность твердых тел, основа чего-либо. Скелет горных пород несет внутренний генетический смысл первичного происхождения почв в результате выветривания и литогенеза в целом. Скелетные частицы горной породы, являясь потенциальной частью почвы, отражают специфику таких почв, влияют на процессы почвообразования, на состав и свойства почв.

Термин «скелетные почвы» принят почвоведом, многим понятен и отказываться от него нет побудительной причины. При необходимости отразить форму скелетных частиц следует называть их по преобладающим фракциям крупнозема: каменисто-щебенчатые, гравийно-галечниковые и так далее. Классификация И.С. Михайлова [13], характеризующая скелетные частицы по размерам и формам, дает возможность придерживаться единой терминологии. Согласно его классификации к фракции хряща, гравия относятся скелетные частицы диаметром 0,1-1,0 см, к фракции щебня, гальки – частицы 1-10 см, к фракции камней, валунов – частицы 10-100 см.

В монографии Н.Е. Опанасенко [18] показано, что трудности в классификации скелетных почв еще не преодолены, а стройность номенклатуры небезупречна, но их место в общей классификации обозначено более определенно. Очень важно, что в основу классификаций положены последовательность развития почвенного профиля от слаборазвитых к развитым, от слабовыветрелых к выветренным, а также комплекс морфогенетических свойств, обусловленных особенностями плотных горных пород.

Что касается классификационных количественных рубежей низких таксонов, то они оказались настолько разноразмерными, порой необоснованными, что их использование или сопоставление затруднительно или невозможно не только в научных, но и в утилитарных целях, в том числе для изучения плодородия и оценки пригодности агрокоричневых скелетных почв под древесно-кустарниковые растения [6-8, 10]. Разумеется, что разнообразие классификаций, а тем более прикладных, необходимо и неизбежно, так как использование почв многообразно, а специализированные классификации наиболее действенны с практической точки зрения.

Многие классификационные трудности можно преодолеть, устанавливая фактическое соотношение скелета и мелкозема в процентах от объема почвогрунтов с ненарушенным сложением. Только такое определение дает объективное суждение о составе и свойствах скелетных почв, их плодородии и пригодности под многолетние древесные растения, но в работах многих исследователей указывается скелетность в весовых процентах, а объемная масса и запасы мелкозема не приводятся.

При изучении скелетных почв в плодовых садах Крыма нами разработан и широко использован метод, при котором скелетность в процентах от объема почв и почвообразующих пород, объемная масса мелкозема определялись способом вырубки монолита металлическим квадратом 25 x 25 см по полуметровым слоям на глубину 2 м или до плотных подстилающих пород [12, 16, 18, 19].

Обоснование количественных классификационных рубежей степени скелетности от объема почвы в слое 0-50 см и мощности почвенного профиля применительно к многолетним плодовым деревьям детально изложено в работах Н.Е. Опанасенко [15, 17] и монографиях Н.Е. Опанасенко [18], Н.Е. Опанасенко, И.В. Костенко, А.П. Евтушенко [20].

Способ вырубки монолита и классификации почв по степени скелетности от их объема и по мощности почвенного профиля на видовом уровне были взяты нами за основу при изучении агрокоричневых скелетных почв парков Никитского сада, однако потребовались существенные дополнения и обоснования.

Цель настоящих исследований – усовершенствовать классификацию агрокоричневых скелетных почв низких таксонов и установить информативные интегральные показатели плодородия почв для оценки их пригодности для парковых декоративных растений.

Объекты и методы исследований

Исследовали агрокоричневые скелетные почвы четырех парков Никитского ботанического сада. Почвы сформировались на продуктах выветривания глинистых сланцев, песчаников и верхнеюрских мраморовидных известняков в различных соотношениях скелетных фракций, которые определялись способом вырубки монолита [12, 18].

Важно отметить, что в разные годы большая часть территории и почвы парков подвергались различным природным (сдвиги, оползни, эрозия) и техногенным воздействиям (срезка, перепланировка, террасирование, плантаж, землевание), что существенно изменило естественное строение профиля коричневых почв и нарушило закономерное расположение их генетических горизонтов. В пределах почти метровой толщи происходила природно-техногенная неравномерная инверсия в распределении гумуса, N, P, K, CaCO_3 , поэтому их мы определяли по 10-20-сантиметровым слоям, а затем усредняли для полу- и метровых толщ. Важно отметить, что основная масса корней деревьев (80-85%) локализуется в метровой толще почвогрунта с наибольшими в нем запасами мелкозема, гумуса, основных питательных веществ и влаги. Становится очевидным, что классификация почв по скелетности должна включать и отражать наиболее биогенный, плодородный и агрономически значимый для декоративных многолетних деревьев метровый, а не полуметровый слой.

В агрокоричневых скелетных почвах определяли содержание скелета в объемных процентах, объемную массу общую и мелкозема, содержание гумуса, CaCO_3 , валовые формы N, P, K, содержание почвенной влаги принятыми в российском почвоведении стандартизированными методами. Рассчитывались запасы мелкозема, гумуса, азота, фосфора, калия, почвенной влаги.

Результаты исследований обработаны методами вариационной статистики на компьютере в операционной системе “Windows XP” – Statistica 10.0.

Результаты и обсуждение

В первую очередь важно было установить взаимосвязь скелетности в слое 0-50 см и в слое 0-100 см. По всем паркам по 144 разрезам установлено, что среднеарифметическое количество скелета в верхнем полуметре было 38%, а в метровом слое 41%, что свидетельствует о довольно однородном содержании скелета в профиле почвы и почвообразующей породе. Между показателями скелетности установлена положительная достоверная зависимость (99%), характеризуемая коэффициентом корреляции 0,93 ($n=144$), что представлено на рисунке 1. На нем показано, что в исследованных почвах парка скелетность по слоям колебалась в широком диапазоне: от 6 до 86%. Уравнение прямолинейной регрессии и график позволяют по количеству скелета в слое 0-50 см с небольшой погрешностью судить о его содержании во всей метровой толще.

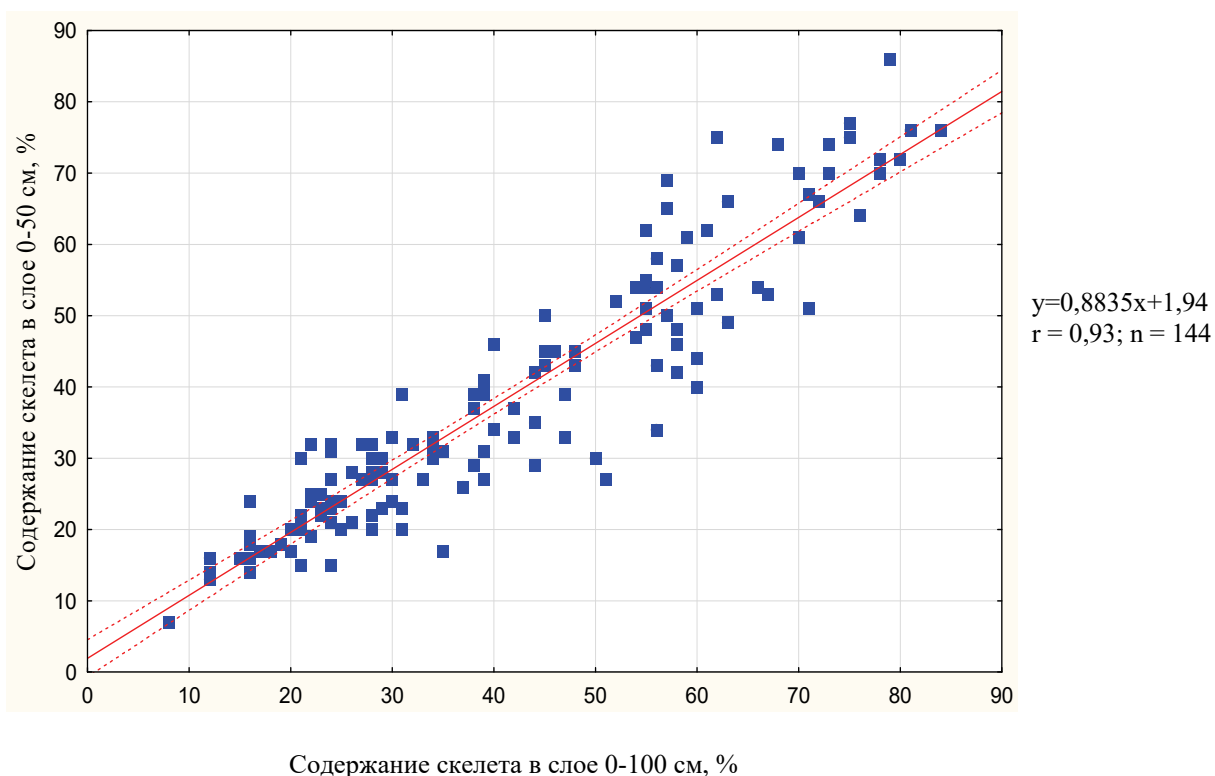


Рис. 1 Зависимость содержания скелета (%) в агрокоричневых карбонатных скелетных почвах парков Никитского сада в слое 0-50 см от такового в слое 0-100 см

Сразу отметим, что нет зависимости содержания (%) гумуса, азота, фосфора, влаги от количества скелета, да ее и быть не должно, так как гумус, питательные вещества, влага сосредоточены преимущественно в мелкоземистой части почвы.

Определение количества скелета в процентах от объема почвы с ненарушенным сложением и установление объемной массы мелкозема позволило рассчитать запасы мелкозема, выраженные в т/га. Обеспеченность скелетных почв мелкоземом колебалась в первом полуметре от 1000 до 6300 т/га, в метровом слое от 2000 до 13500 т/га. Между содержанием скелета и запасами мелкозема установлена достоверная (99%) отрицательная зависимость как для слоя 0-50 см (рис. 2, А), так и для метровой толщи (рис. 2, Б).

В итоге установлено, что скелет и объемная масса мелкозема (плотность сложения) непосредственно определяют обеспеченность почв запасами мелкозема: чем меньше скелета и больше плотность сложения, тем богаче почва мелкоземом.

Далее определена опосредованная зависимость запасов гумуса (т/га) от содержания скелета в слоях 0-50 и 0-100 см агрокоричневых почв. Запасы гумуса в расчете на мелкозем в обоих случаях колебались в очень широких пределах: в слое 0-50 см они были 20-300 т/га, в слое 0-100 см – 35-450 т/га (рис. 3). Зависимость запасов гумуса от количества скелета была опосредованной, отрицательной, достоверной, но более тесная связь установлена в слое 0-100 см.

Определение запасов мелкозема и гумуса (т/га) в агрокоричневых почвах парков позволили на основе корреляционно-регрессионного анализа установить прямолинейную достоверную зависимость запасов гумуса от запасов мелкозема в слое 0-100 см ($r = 0,60$; $n = 144$), что отображено на рисунке 4. В почвах парков их запасы колебались в широких пределах: обеспеченность метрового слоя почвы мелкоземом была 2,0-13,8 тыс. т/га, а гумусом 40-450 т/га.

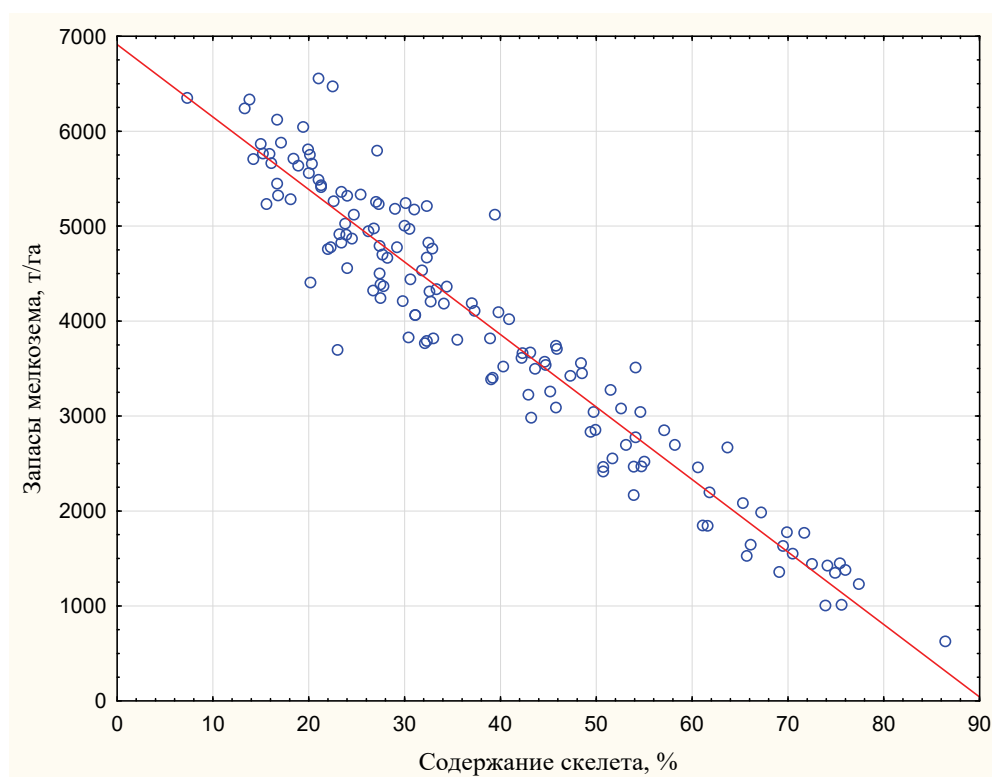
Запасы валовых форм азота, фосфора, калия и продуктивной почвенной влаги достоверно коррелировали с запасами мелкозема в слоях 0-100 см, коэффициенты корреляции и число определений, соответственно, равнялись 0,55 и 16; 0,63 и 16; 0,94 и 10; 0,67 и 25, что дополнило обоснованность определения запасов мелкозема как интегрального показателя агрокоричневых скелетных почв и доказывает необходимость определения и классификации почв по степени скелетности в метровом слое почвы.

В свою очередь, для агрокоричневых карбонатных скелетных почв установлена достоверная зависимость количества азота и фосфора (т/га) от запасов гумуса (т/га) в слое 0-100 см ($r = 0,61$, $n = 31$ и $r = 0,70$, $n = 31$, соответственно).

Таким образом, запасы гумуса, валовых форм азота, фосфора, влаги в мелкоземе объективно отражают плодородие различных по степени скелетности агрокоричневых почв, а определение запасов мелкозема, гумуса, влаги, основных питательных веществ позволяет научно обоснованно оценивать пригодность агрокоричневых почв под декоративные древесные растения, что будет рассмотрено ниже.

Интегральный характер запасов мелкозема, отражающий обеспеченность агрокоричневых скелетных почв органическим веществом, N, P, K, влагой, очевиден. Вторым таким показателем агрокоричневых почв являются запасы гумуса, достоверно коррелирующие с запасами валовых форм азота и фосфора.

И далее. Принятые в советском и российском почвоведении классификации видов по содержанию гумуса в аккумулятивно-гумусовом горизонте [5-7], выраженного в процентах, никак не могут быть применимы для агрокоричневых почв парковых культурфитоценозов по отмеченным выше причинам педотурбации и высокой гумусированности агрокоричневых почв на большую глубину.



A

$$y = -73,66x + 6912,12$$
$$r = -0,96; n = 144$$

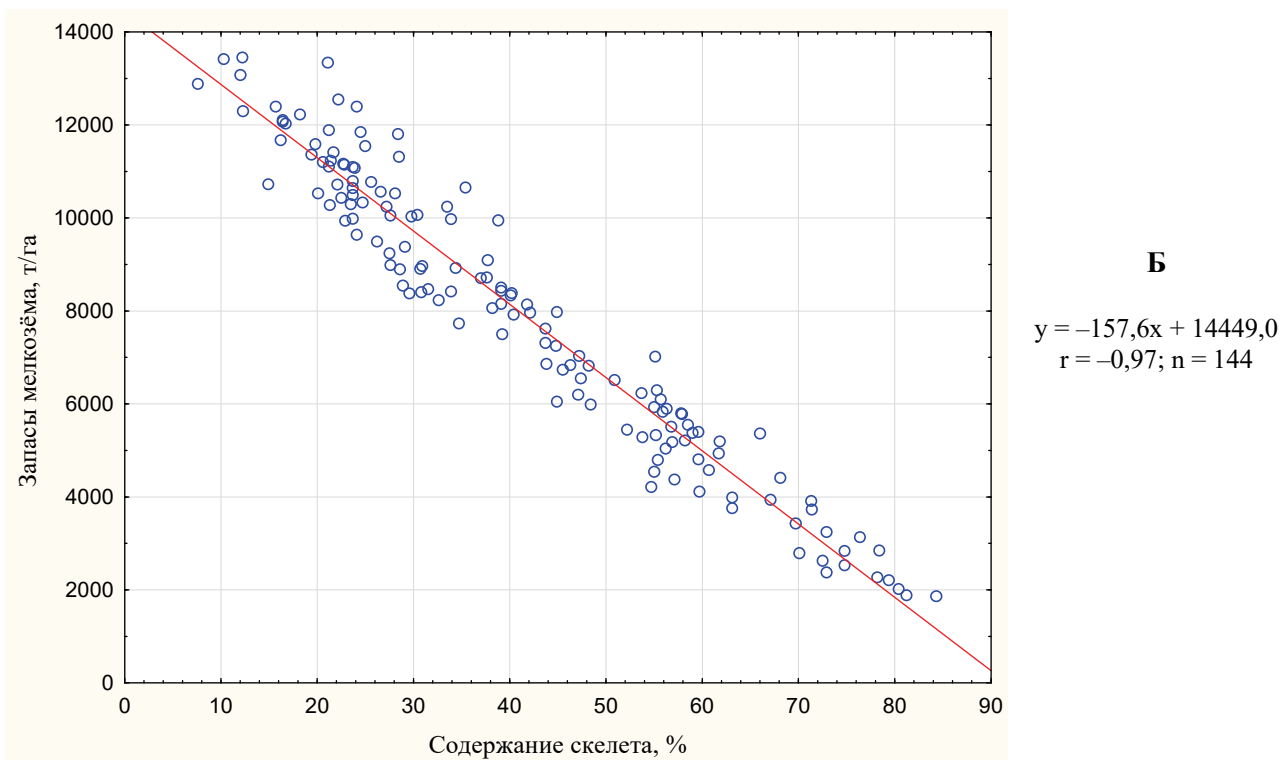
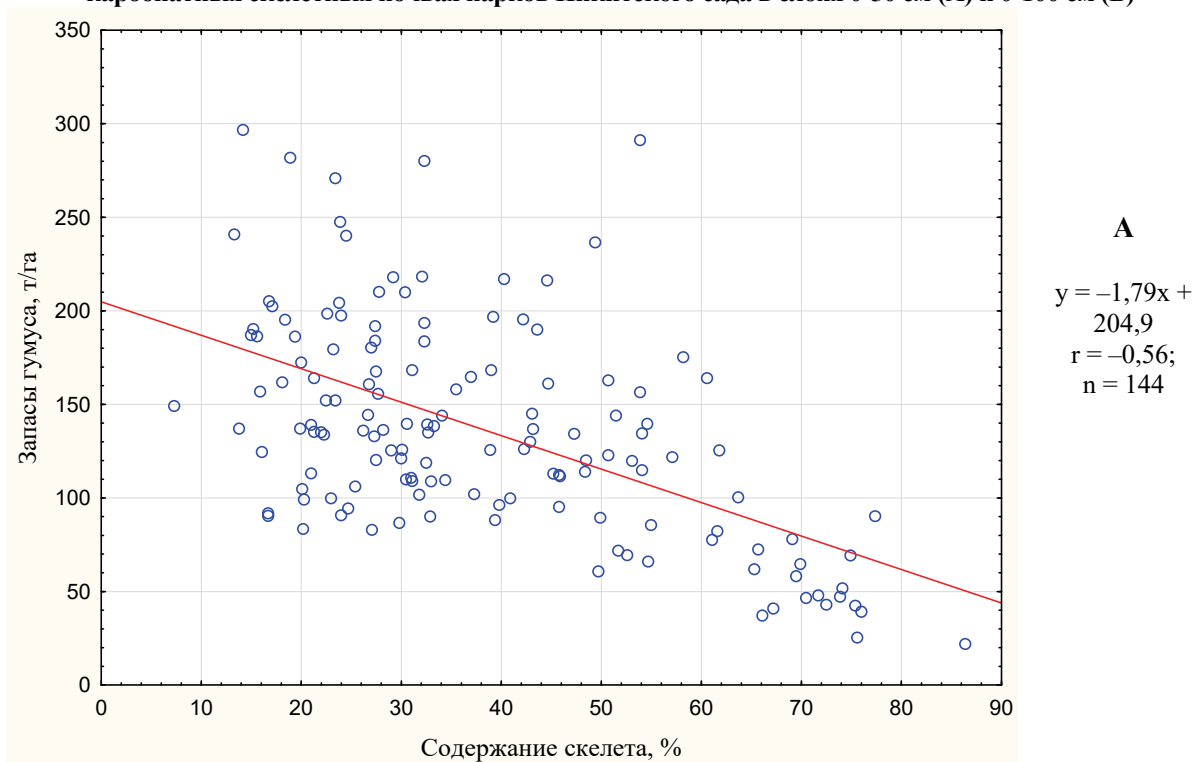


Рис. 2 Зависимость запасов мелкозёма (т/га) от содержания скелета (%) в агрокоричневых карбонатных скелетных почвах парков Никитского сада в слоях 0-50 см (А) и 0-100 см (Б)



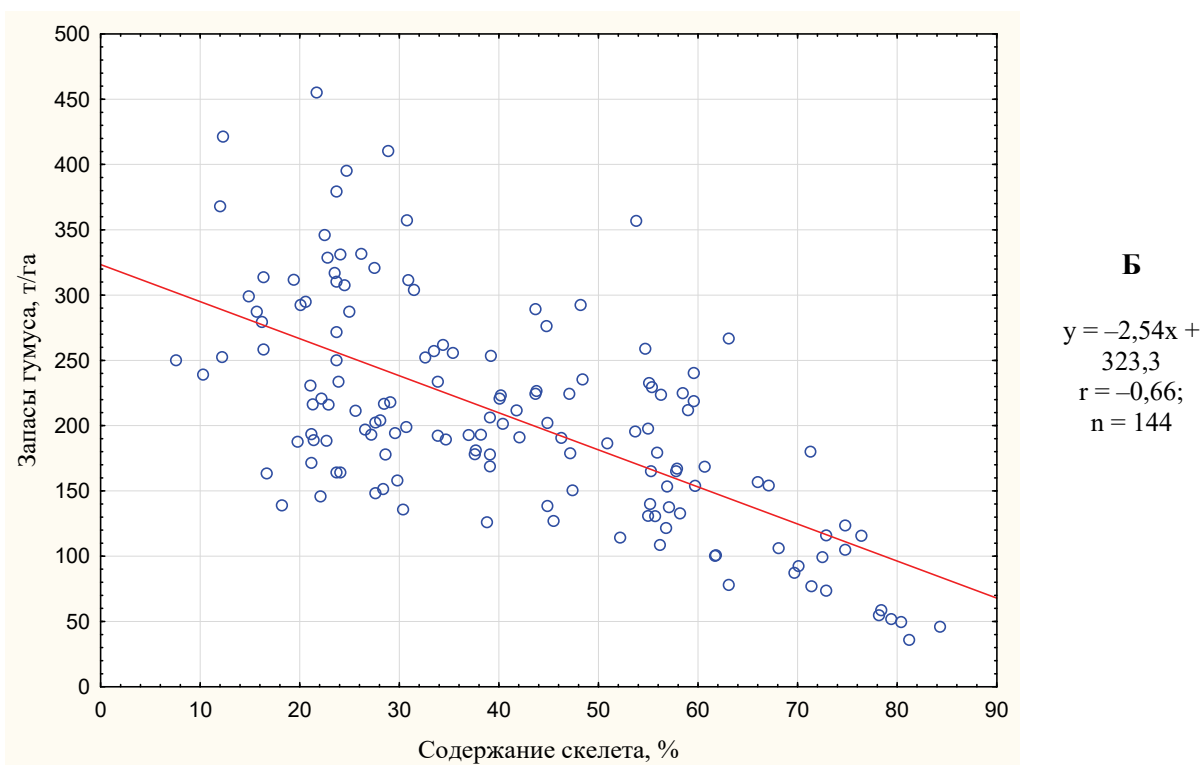


Рис. 3 Зависимость запасов гумуса (т/га) от содержания скелета (%) в агрокоричневых карбонатных скелетных почвах парков Никитского сада в слоях 0-50 см (А) и 0-100 см (Б)

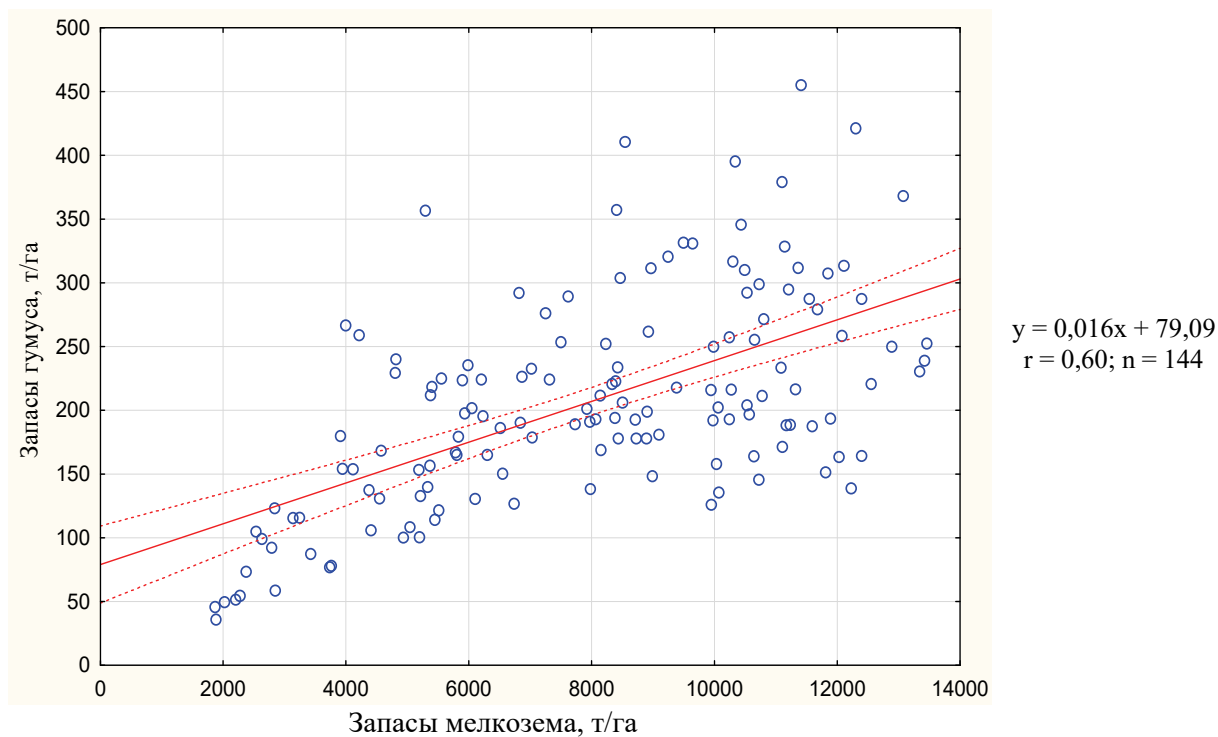


Рис. 4 Зависимость запасов гумуса (т/га) от запасов мелкозема (т/га) в агрокоричневых карбонатных скелетных почвах парков Никитского сада в слое 0-100 см

Так, на основе большого числа определений установлено: чем выше скелетность почв (в известных изученных пределах), тем выше степень гумусированности мелкозема, выраженная в процентах. Не исключением, а правилом оказалась более высокая или одинаковая степень гумусированности мелкозема более скелетных черноземов Крыма [18]. Можно допустить, что в осенне-зимне-ранневесеннее время меньшее количество мелкозема сильноскелетных почв лучше увлажнялось осадками (или при поливах), и в таких почвах интенсивнее протекали процессы гумусонакопления. Н.А. Ногина и Т.А. Роде [14] также отмечали высокое содержание гумуса на ранних стадиях развития почв на щебнистых субстратах Урала.

Разумеется, что запасы гумуса будут больше в менее скелетных почвах (табл. 1).

Таблица 1

Содержание (%) и запасы (т/га) гумуса по профилю агрокоричневых различной степени скелетности почв парков Никитского сада

Почвенные виды; число определений (n)	Гумус, %		Гумус, т/га	
	0-50 см	50-100 см	0-50 см	50-100 см
Слабоскелетный; n=4	2,35	1,54	149	101
Среднескелетный; n=38	3,42	1,95	177	110
Сильноскелетный; n=38	3,03	1,79	133	83
Очень сильноскелетный; n=65	3,99	1,82	92	39

Таким образом, сравнение содержания (%) и запасов (т/га) органического вещества в мелкоземе всей гумусированной части профиля агрокоричневых скелетных почв парков дало объективное представление их плодородия и пригодности под декоративные деревья. В настоящий момент рационально характеризовать почвы парков по запасам мелкозема и гумуса, углубляя и расширяя исследования в этом направлении.

Множественный корреляционно-регрессионный анализ также выявил высокую достоверную зависимость запасов мелкозема от глубины залегания коренепроницаемых плит песчаников и сланцев и содержания скелета. Такая связь для агрокоричневых плантажированных почв описывается такими статистическими значениями:

$R = 0,95$, $n = 18$; $y = 6382 - 115,6z + 59,3x$, где y – запасы мелкозема, т/га; z – скелет, % от объема почвы; x – глубина залегания плиты горной породы, см.

Таким образом, статистически доказано, что запасы мелкозема количественно отражают степень скелетности и развитости профилей почвогрунтов, плотность сложения мелкозема и являются интегральным показателем физической выветрелости и состава скелетных агрокоричневых почв.

От глубины залегания плитняка песчаника или сланца зависит, разумеется, не только мощность корнеобитаемого слоя, но и запасы мелкозема ($r = 0,87$, $n = 18$), а также биометрические показатели роста деревьев ($r = 0,96$, $n = 10$). Таким образом, глубина залегания плотных подстилающих горных пород является также важнейшей диагностической составляющей классификации скелетных почв и должна быть отнесена к интегральным почвенным показателям.

Разработанные ранее классификационные рубежи по степени скелетности для плодовых деревьев оказались наиболее применимы к декоративным деревьям, но для слоя почвы 0-100 см, что в своей работе мы и взяли за основу.

На основании вышеизложенного в нашей статье применительно к декоративным деревьям приняты нижеследующие классификации на видовом уровне по содержанию в слое 0-100 см скелета (% от объема почвы) и количеству CaCO_3 .

К слабоскелетным отнесены почвы с содержанием в слое 0-100 см до 10% скелетных фракций, к среднескелетным – 10-25%, к сильноскелетным – 25-50% и к очень сильноскелетным – >50%.

По глубине залегания плиты песчаника, глинистого сланца или конгломерата (брекчии) агрокоричневые почвы классифицированы на виды: слаборазвитые – плотные породы в пределах 0-40 см, маломощные – 40-80 см, среднемощные – 80-120 см, мощные – глубже 120 см.

По содержанию карбонатов: слабокарбонатные – 1-10% CaCO_3 , среднекарбонатные – 10-20%, сильнокарбонатные – 20-30%, очень сильнокарбонатные более 30% CaCO_3 [5].

Выводы

Рассмотрены и критически оценены различные классификации скелетных почв России и отображены трудности в определении скелетности почв от их объема с ненарушенным сложением.

Разработанная для плодовых культур классификация почв по степени их скелетности в слое 0-50 см объективно не отражает плодородие агрокоричневых скелетных почв парков Никитского сада в полуметровой толще. Состав и свойства почв для древесных декоративных растений следует изучать в слое почвы 0-100 см.

На основании корреляционно-регрессионного анализа зависимости количества скелета, запасов мелкозема, гумуса, почвенной влаги, азота, фосфора и калия доказана объективность оценки плодородия агрокоричневых парковых почв в метровом слое по важнейшим агрономически значимым для декоративных растений показателям.

Разработана классификация агрокоричневых почв низких таксонов по содержанию скелета в слое 0-100 см от объема почвы с ненарушенным сложением; по количеству CaCO_3 и по глубине залегания от дневной поверхности плотных горных пород или конгломератов.

Список литературы

1. Богатырев К.П. Фрагментарные (грубоскелетные) почвы и предпочтенная стадия выветривания // Вопросы географии: физическая география. – М., 1953. – Сб. 33. – С. 152 – 166.
2. Высоцкий Г.Н. Природные растительные условия и результаты лесоразведения на Ергенях. – Петроград, 1915. – 95 с.
3. Захаров С.А. Курс почвоведения. – М. – Л.: Гос. изд-во, 1927. – 440 с.
4. Иванова Е.Н. Почвы Урала // Почвоведение. – 1947. – № 4. – С. 213 – 228.
5. Казмирова Р.М., Євтушенко Г.П., Литвинов М.П. Класифікація коричневих скелетних ґрунтів низьких таксонів для оцінювання їх придатності під хвойні інтродуценти // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Харків: «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2008. – Вип. 69. – С. 38 – 42.
6. Классификация и диагностика почв России /Авторы и сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
7. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
8. Классификация почв России / Сост.: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. – 236 с.
9. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования // Труды Гос. Никит. ботан. сада. – М.: Колос, 1967. – Т. 38. – 368 с.

10. Кочкин М.А., Важов В.И., Иванов В.Ф., Молчанов Е.Ф., Донюшкин В.И. Основы рационального использования почвенно-климатических условий в земледелии. – М.: Колос, 1972. – 303 с.
11. Крупеников И.А. Карбонатные черноземы. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 106 с.
12. Методические рекомендации по оценке пригодности скелетных почв под сады (на примере Крыма) / Сост. Н.Е. Опанасенко. – Ялта, 1985. – 34 с.
13. Михайлов И.С. Морфологическое описание почвы: (вопросы стандартизации и кодирования). – М.: Наука, 1975. – 72 с.
14. Ногина Н.А., Роде Т.А. О влиянии горных пород на процессы почвообразования // Почвоведение. – 1959. – № 10. – С. 34 – 43.
15. Опанасенко М.Є. Класифікація скелетних плантажованих ґрунтів // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Харків: «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2008. – Вип. 69. – С. 68 – 74.
16. Опанасенко Н.Е. К методике определения скелета в почве // Тезисы докл. I делегат. съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР (8–11 июня 1982 г.): Почвоведение. – Харьков, 1982. – С. 87.
17. Опанасенко Н.Е. К номенклатуре и классификации скелетных почв // Сохраним планету Земля: Сб. докл. Междунар. экологического форума, 1-5 марта 2004 г. – СПб.: 2004. – С. 447 – 450.
18. Опанасенко Н.Е. Скелетные почвы Крыма и плодовые культуры. – Херсон, 2014. – 336 с.
19. Опанасенко Н.Е. Характеристика плантажированных скелетных почв Крыма // Почвоведение. – 1985. – № 3. – С. 110 – 115.
20. Опанасенко Н.Е., Костенко И.В., Евтушенко А.П. Агроэкологические ресурсы и районирование степного и предгорного Крыма под плодовые культуры. – Симферополь: ООО Изд-во «Научный мир», 2015. – 216 с.
21. Пылинов Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах // Почвоведение. – 1945. – № 7. – С. 327 – 339.
22. Сибирцев Н.М. Избранные сочинения: в 2 т. – М.: Госиздат с.-х. лит-ры, 1951–1953. – Т.1. Почвоведение. – М.: Госиздат с.-х. лит-ры, 1951. – 472 с.
23. Таргульян В.О. О первых стадиях выветривания и почвообразования на изверженных породах в тундровой и таежной зонах // Почвоведение. – 1959. – № 11. – С. 37 – 48.

Статья поступила в редакцию 06.06.2018 г.

Opanasenko N.E., Yevtushenko A.P. About the classification of skeletal agro-brown soils of low taxa and the integral indicators of their fertility // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 130. – P. 42-51

The classification of skeletal and carbonate agro-brown soils of low taxa is well grounded and proposed. The informative integral indicators of fertility of agro-brown soils for the assessment of their suitability for park ornamental plants (on the example of the Nikitsky Gardens) are established.

Key words: skeletal agro-brown soils; classification; soil fertility; ornamental trees