

4. *Тагунова Є. О., Усенко Г. О.* Застосування кореляційно-регресійного аналізу в дослідженні мікроелементного складу ґрунту (на прикладі Mn) // Матеріали XI Міжнародної конф. молодих учених «Наукові основи збереження біотичної різноманітності». Львів. 2012. С. 217–218.

5. *Тагунова Є. О.* Використання багатофакторного кореляційного аналізу в дослідженні мікроелементного складу ґрунтів лісових культурбіогеоценозів // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. Дніпропетровськ. Вип. 41. 2012. С. 43–49.

6. *Фокин А. В.* Защита окружающей среды и химическая экология // Успехи химии. 1991. № 3. С. 499–506.

7. *Цветкова Н. Н.* Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной зоны Украины. Днепропетровск. 2013. 216 с.

8. *Цветкова Н. М., Тагунова Є. О.* Моделювання залежності мікроелементного складу ґрунту штучного лісового насадження від його фізико-хімічних властивостей // Матеріали ІХ з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України. Миколаїв. 2013. С. 182–184.

9. *Цветкова Н. М., Якуба М. С.* Використання математичних методів у дослідженні мікроелементного складу ґрунтів // Матеріали Другої Міжнародної наук.-практ. конф. «Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем». Дніпропетровськ. 2015. С. 175–177.

10. *Якуба М. С.* Особливості оцінки забруднення ґрунтів важкими металами // Матеріали III Міжнародної наук.-практ. конф. «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства». Тернопіль. 24–25 березня 2016 року. С. 224–226.

*Поступила в редколлегию 27.09.2016 г.*

УДК 631.421+622.882

**А. В. Жуков, Г. А. Задорожная**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара*

### **ЭКОМОРФЫ ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННЫХ ПОЧВ НА КРАСНО-БУРЫХ ГЛИНАХ**

Исследована пространственная вариабельность твердости дерново-литогенной почвы участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна по регулярной сетке (105 точек). Произведен экоморфический анализ растительности. Установлена степень пространственной зависимости показателей твердости изучаемой почвы послойно через каждые 5 см на глубину 50 см. Сопряженность вариаций внешних признаков с пространственной гетерогенностью почвы подтверждает экологический характер формирования выявленных почвенных структур – экоморф – и дает возможность их содержательного описания.

*Ключевые слова:* твердость почвы, морфологические элементы, экологические факторы.

**О. В. Жуков, Г. О. Задорожна**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара*

### **ЕКОМОРФИ ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННИХ ҐРУНТІВ НА ЧЕРВОНО-БУРИХ ГЛИНАХ**

Досліджено просторову варіабельність твердості дерново-літогенного ґрунту ділянки рекультивациі Никопольського марганцево-рудного басейну по регулярній сітці (105 точок). Зроблено екоморфічний аналіз рослинності. Встановлено ступінь

просторової залежності показників твердості досліджуваного ґрунту пошарово через кожні 5 см на глибину 50 см. Побудовано карти просторового розподілу показників твердості технозему по шарах. Спряженість варіацій зовнішніх ознак з просторовою гетерогенністю ґрунту підтверджує екологічний характер формування виявлених ґрунтових структур – екоморф – та дає можливість їх змістовного опису.

*Ключові слова:* твердість ґрунту, морфологічні елементи, екологічні фактори.

A. V. Zhukov, G. A. Zadorozhnaya

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University*

## ECOMORPHS OF THE SOD-LITHOGENIC SOIL ON THE RED-CLAY BURIH CLAYS

The spatial variability of the mechanical impedance of the sod-lithogenic soil have been investigated within a regular grid (105 points) in Nikopol manganese ore basin polygon. Ecomorphic analysis of the vegetation in each cell of the grid has been done. The degree of spatial dependence of soil mechanical impedance in each layers from 5 cm to a depth of 50 cm have been assessed with the help of geostatistical analysis based on variogram. Maps of the spatial distribution of the tehnozeme mechanical impedance have been plotted. Cluster analysis, conducted on the basis of the statistical data allowed to distribute the existing changes in soil mechanical profiles in three clusters with characteristic for them, relative to the same type of dynamic properties. Environmental separation content of the soil plots on clusters studied using discriminant and variance analyzes. Externalities associated with certain soil profiles characteristic of each of the three clusters are moisture, ombroclimate and and the ratio of stepants and pratants in the plant community. Statistical significance of variations of external properties associated with the spatial heterogeneity within soil plots belonging to different clusters allows them to be meaningfully interpreted and confirms the formation of ecological nature of the identified soil structures – ecomorphs. The findings reveal some of the mechanisms of interaction between the soil as biogeocoenose component with other components, and outline an integrated picture of the processes occurring in it intermediary between the factors of soil formation and soil properties.

*Keywords:* soil penetration resistance, morphological features, environmental factors.

Согласно учению В. В. Докучаева, связь почвы со средой осуществляется благодаря почвообразовательным процессам, постепенно превращающим исходный геологический субстрат в почву. Почвообразовательный процесс рассматривается как передаточный механизм от факторов среды к свойствам почв. Естественнонаучная парадигма В. В. Докучаева имеет следующий вид: «Факторы почвообразования → Свойства почв». Функциональная зависимость между почвой и факторами почвообразования крайне сложна и до сих пор не имеет полного решения. Впоследствии важность процессов, как необходимого звена почвообразования, подчеркнул И. П. Герасимов. Им была предложена триада «Свойства ← Процессы ← Факторы». В качестве процессов почвообразования на современном этапе рассматриваются микро-, мезо- и макропроцессы, приводящие в своем совокупном действии к формированию полноразвитого профиля. Такое развитие длится, как минимум, сотни лет [24].

Однако почва, наряду с тем, что является естественно-историческим телом, одновременно является компонентом биogeоценоза и взаимодействует с другими его компонентами во временных рамках, определяющих их постоянную изменчивость [16]. Вопрос о том, как происходит взаимодействие почвы в каждый конкретный момент ее существования с живыми и неживыми факторами среды, являющимися для почвы факторами почвообразования, остается открытым. Решаться он должен путем изучения строения и функций почв на биogeоценозическом уровне, который характеризуется комплексностью [21]. Комплексность пред-

усматривает изучение процессов, происходящих не только в самой почве, но и охват явлений взаимодействия между почвой и другими природными телами, характеризующий морфологическую и функциональную стороны почвы как материальной системы и элемента экотопа.

В определении свойств экотопа ведущее место принадлежит растительности, наиболее полно отражающей всю многогранность жизненной обстановки [2]. Как компонент биогеоценоза, растительность выступает в качестве системы экоморф – определенных адаптаций отдельных видов к каждому из структурных элементов биогеоценоза. Столь же динамичным свойством почвы, как изменение характеристик растительного сообщества, является ее твердость. Пространственная и временная динамика твердости почвы коррелирует с вариациями большинства почвенных характеристик, создающих условия для роста растений и местообитания почвенных животных [1; 3; 7; 19; 28]. Поэтому твердость – это полноценный диагностический признак, который может выступать как интегральный показатель состояния почвенного тела.

Экоморфический подход, достаточно полно разработанный для биотических компонентов биогеоценоза, требует своего становления в области изучения почв и почвоподобных тел. Подходящим объектом для такого исследования являются молодые почвы рекультивационных земель, сформированные в результате добычи полезных ископаемых открытым карьерным способом. В условиях степной зоны Украины на дневную поверхность выносятся породы прошлых геологических эпох, которые в области взаимодействия поверхностных слоев лито-, гидро- и атмосферы подвергаются современному интенсивному выветриванию [11; 17; 20]. В результате происходит полное механическое нарушение профиля и формирование новых горизонтов или почв, которые названы техноземами, как продукты техногенеза. Это особые, целенаправленно измененные, сконструированные человеком почвы, занимающие большие пространства нашей страны. Практическими задачами землепользования в черноземной зоне является достижение возможности использования этих территорий как сельскохозяйственных угодий (в качестве пашни, сенокосов, пастбищ, многолетних насаждений), рекреации и др. Поэтому исследование режимов и свойств рекультивационных земель является весьма актуальной задачей.

Целью данной работы является оценка связи пространственной вариации твердости технозема с факторами окружающей среды через характеристики растительного сообщества.

**Материалы и методы.** Сбор материала проводился в июне 2012 г. на участке рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна в г. Орджоникидзе. Экспериментальный участок по изучению оптимальных режимов сельскохозяйственной рекультивации был создан 1968–1970 гг. на внешнем отвале Запорожского марганцево-рудного карьера. На данном участке были созданы искусственные эдафотопы двух типов. Первый – на спланированной смеси вскрышных пород с отсыпкой на их поверхность различных по мощности слоев черноземной массы. Второй представляет собой спланированные вскрышные породы толщиной 2 м, которые были вынесены из разных глубин. В качестве объекта данного исследования была выбрана дерново-литогенная почва на красно-бурых глинах. Название почвы приведено по Л.В. Етеревской с соавт. [6]. В настоящее время тип растительности представлен бобово-злаковой смесью и разнотравьем.

Опытный полигон представляет собой регулярную сетку, которая состоит из точек отбора проб, расстояние между которыми составляет 3 м и состоит из 7 трансект по 15 проб. Соответственно, его размеры составляют 42×18 м.

Использован ручной пенетромтр Eijkelkamp. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет  $\pm 8\%$ . Измерения твердости почвы сделаны конусом поперечного сечения 2 см<sup>2</sup> в каждой ячейке полигона на глубину 50 см через каждые 5 см (10 показателей твердости в каждой из 105 точек полигона).

Фитоиндикационные шкалы приведены по Я. П. Дидуху [4]. К эдафическим фитоиндикационным шкалам относятся показатели гидроморф (Hd), переменности увлажнения (fH), аэрации (Ae), режима кислотности (Rc), солевого режима (Sl), содержания карбонатных солей (Ca), содержания усвояемых форм азота (Nt). К климатическим шкалам относят показатели терморезима (Tm), омброрезима (Om), криорезима (Cr) и континентальности климата (Kn). Помимо указанных, выделяется ещё шкала освещения (Lc), которую характеризуют как микроклиматическую шкалу. Тепловые свойства почв индицируются шкалой терморезима, а гидротермические – шкалой омброрезима. Экоморфы растений приведены по А. Л. Бельгарду [2] и В. В. Тарасову [23]. Ценоморфы представлены степантами, пратантами, псаммофитами, сивльвантами и рудерантами. Степанты и пратанты составляют основную часть растительного покрова, поэтому именно эти экоморфы использованы как предикторы твердости почвы (переменные St и Pr – проективное покрытие соответствующих экоморф в %). Гигроморфы представлены ксерофитами (уровень влажности 1), мезоксерофитами (уровень влажности 2), ксеромезофитами (уровень влажности 3), мезофитами (уровень влажности 4), гигромезофитами (уровень влажности 5). Уровень влажности по гигроморфической структуре (*Hygr*) оценен как:

$$Hygr = \frac{\sum_{j=1}^{j=N} (i \times P_i)}{100},$$

где  $i$  – уровень влажности;  $P_i$  – проективное покрытие растений соответствующей гигроморфы.

Трофоморфы представлены олиготрофами (уровень трофности 1), мезотрофами (уровень трофности 2) и мегатрофами (уровень трофности 3). Уровень трофности по трофоморфической структуре (*Troph\_B*) оценен как:

$$Troph\_B = \frac{\sum_{j=1}^{j=N} (j \times P_j)}{100},$$

где  $j$  – уровень трофности;  $P_j$  – проективное покрытие растений соответствующей трофоморфы.

Гелиоморфы представлены гелиосциофитами (уровень освещения 2), сциогелиофитами (уровень освещения 3), гелиофитами (уровень освещения 4). Уровень освещения по гелиоморфической структуре (*Hel*) оценен как:

$$Hel = \frac{\sum_{z=1}^{z=N} (z \times P_z)}{100},$$

где  $z$  – уровень освещения;  $P_z$  – проективное покрытие растений соответствующей гелиоморфы.

При статистических расчетах использованы методы описательной статистики, геостатистический, кластерный, дисперсионный и дискриминантный анализы.

**Результаты и обсуждение.** Средние значения твердости изученной толщи почвы изменяются от  $3,20 \pm 0,09$  МПа до  $7,93 \pm 0,11$  МПа (табл. 1). Наименьшими показателями характеризуется поверхностный слой (0–5 см). При продвижении вниз по почвенному профилю твердость закономерно увеличивается. Коэффициент вариации показателей твердости почвы наиболее высок в слое почвы, расположенном на уровне 5–10 см от поверхности (37,08 %). Показатели поверхностного слоя тоже высоковариативны, коэффициент корреляции составляет 28,21 %. Наименее вариативны данные слоя почвы на уровне 20–25 вглубь от поверхности (7,57 %), в остальных случаях коэффициент вариации колеблется в пределах 10,19–14,46 %.

Таблиця 1

**Описательные статистики твердости дерново-литогенной почвы  
на красно-бурых глинах**

Расстояние от поверхности, см	Среднее $\pm$ ст. ош. среднего, МПа	Доверительный интервал		CV, %
		-95,00 %	+95,00 %	
0–5	3,20 $\pm$ 0,09	0,80	1,04	28,21
5–10	4,43 $\pm$ 0,16	1,45	1,90	37,08
10–15	5,28 $\pm$ 0,10	0,90	1,18	19,31
15–20	6,20 $\pm$ 0,07	0,62	0,81	11,37
20–25	6,73 $\pm$ 0,05	0,45	0,59	7,57
25–30	7,32 $\pm$ 0,08	0,72	0,95	11,24
30–35	7,53 $\pm$ 0,07	0,68	0,89	10,19
35–40	7,65 $\pm$ 0,08	0,72	0,94	10,66
40–45	7,86 $\pm$ 0,09	0,85	1,12	12,34
45–50	7,93 $\pm$ 0,11	1,01	1,33	14,46

Описательная стадия исследования дает понятие об усредненном профиле, свойства которого слишком приблизительны, о чем свидетельствует существенная разница коэффициентов вариации, относящихся к данным разных слоев почв. Для более глубокого анализа распределения показателей твердости почвы были использованы инструменты геостатистики (табл. 2).

Таблиця 2

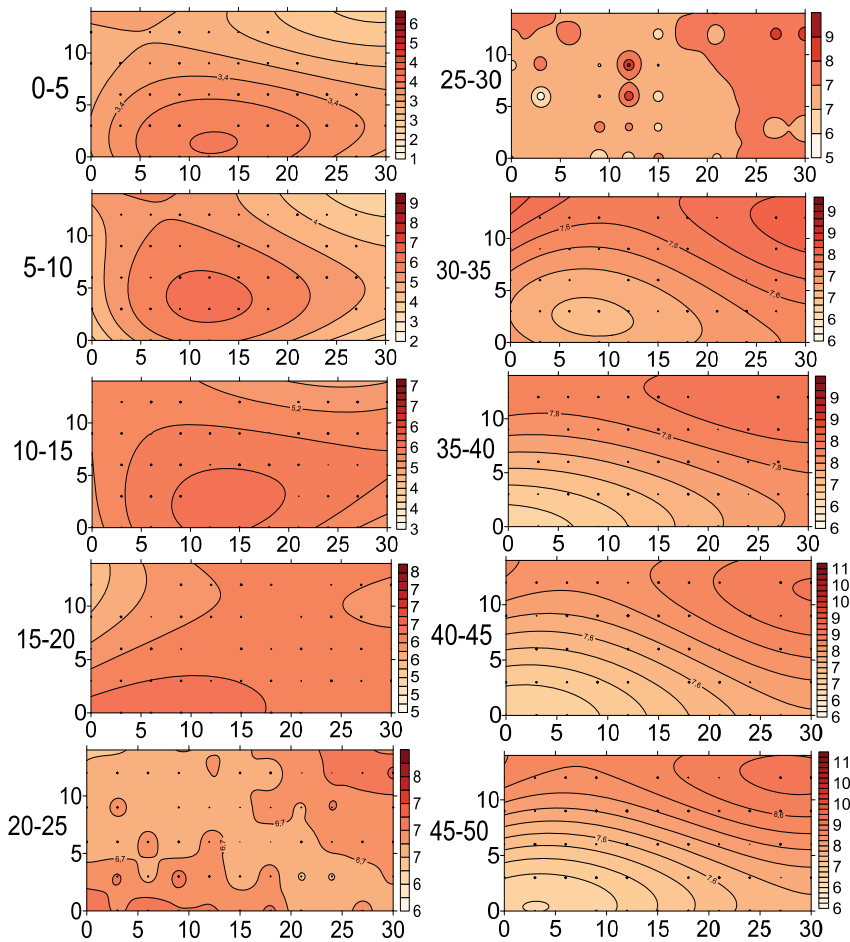
**Геостатистические параметры пространственного варьирования твердости  
дерново-литогенной почвы на красно-бурой глине**

Расстояние от поверхности, см	Порог	Наггет-эффект	SDL, %
0–5	0,54	0,13	19,75
5–10	1,64	0,40	19,75
10–15	0,77	0,19	19,75
15–20	0,37	0,09	19,75
20–25	0,06	0,17	73,22
25–30	0,61	0,00	0,00
30–35	0,02	0,46	95,70
35–40	0,44	0,11	19,75
40–45	0,60	0,15	19,75
45–50	0,82	0,20	19,75

С помощью геостатистического анализа установлена степень пространственной зависимости данных твердости послойно. На основе вариограмм построены карты пространственного распределения показателей твердости, которые дают возможность наглядно представить себе поведение свойства твердости по слоям в глубину (рис. 1).

Такие показатели вариограмм, как порог и наггет-эффект, являются вспомогательными и дают возможность вычислить пространственное отношение SDL, которое указывает на степень пространственной зависимости. При интерпретации SDL следует учитывать, что если его уровень находится в пределах 0–25 %, то речь идет о сильной пространственной зависимости; если в пределах 25–75 %, зависимость переменной является умеренной; если превышает 75 %, переменная рассматривается как слабо пространственно зависимая [26; 29; 30]. Согласно результатам наших исследований, данные твердости дерново-литогенной почвы на красно-бурых глинах обладают высокой степенью пространственной зависимости в слоях 0–20, 25–30, 35–50 см вглубь от поверхности. Данные твердости почвы в слое, расположенном на уровне 20–25 см, характеризуют

ся как умеренно зависимые. В слое почвы 30–35 см пространственная зависимость данных характеризуется как слабая. Высокие значения уровня SDL и низкий коэффициент вариации свидетельствует об отсутствии пространственной закономерности в распределении данных твердости слоя почвы, расположенного на уровне 20–25 см ниже поверхности. Вероятнее всего, обнаруженное явление связано со стратиграфией насыпки горной породы во время планирования участка рекультивации в период технического ее этапа.

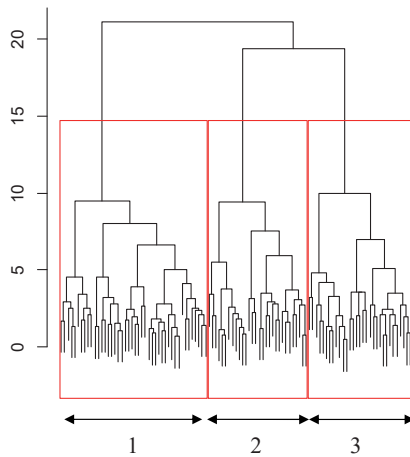


**Рис. 1. Карты пространственного распределения показателей твердости технозема по слоям**

Условные обозначения: 0–5, ..., 45–50 – расстояние от поверхности вглубь почвы, см.

На картах видна динамика твердости как в горизонтальном, так и вертикальном положении (рис. 1). Более темные участки обозначают места повышенной твердости почвы, более светлые, соответственно, – пониженной.

Как видно из представленных карт, характер изменения твердости почвы в каждой изученной точке полигона различен. Через каждые 5 см вглубь распределение существенно меняется и ни один слой не похож на предыдущий. Кластерный анализ, проведенный на основе полученных геостатистических данных, позволил условно распределить имеющиеся профили изменения твердости почвы (105 точек) в три кластера с характерной для них, относительно однотипной динамикой свойства (рис. 2). Близость сайтов оценена с помощью Эвклидова расстояния. Как правило объединения использован метод Варда.

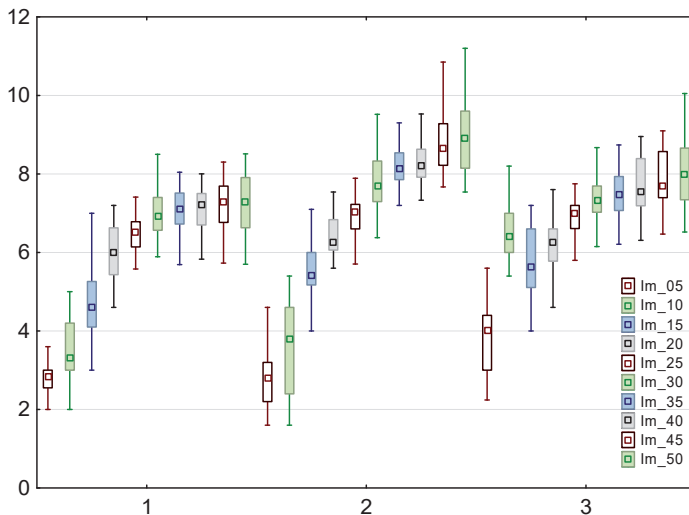


**Рис. 2. Кластерний аналіз сайтів по твердості, метод Варда, Евклидово відстання**

Примечание. Прямоугольники указывают объем кластеров для решения из 3 кластеров.

Разделение на кластеры дало возможность организовать наблюдаемые данные в наглядные структуры для содержательного описания различий между ними. Каждому из кластеров присуще определенное характерное поведение изучаемого свойства, различия в котором можно проследить по данным, представленным на рис. 3.

Кластер 1 представлен такими участками почвы, в которых твердость от 0 до 20 см вглубь резко возрастает. Ниже 20 см темп нарастания изучаемого признака существенно замедляется и в слоях 30–35 см твердость почвы остается неизменной. Почвенные участки, объединяемые вторым кластером, характеризуются еще более резким увеличением твердости с глубиной, а показатели твердости глубоких слоев почвы здесь самые высокие. Третий кластер объединяет случаи, когда твердость почвы слоя 5–10 см от поверхности выше твердости двух последующих слоев и имеет большую разницу со значениями поверхностного слоя.



**Рис. 3. Изменение значений твердости почвы с углублением по профилю, характерное для разных кластеров: по оси абсцисс – номера кластеров, по оси ординат – твердость почвы, МПа**

Кластеры располагаются достаточно компактно и занимают примерно одинаковую площадь изученного полигона (рис. 4). Экологическое содержание разделения участков почвы на кластеры изучено с помощью дискриминантного анализа.

Основная идея дискриминантного анализа заключается в том, чтобы определить, отличаются ли совокупности по среднему какой-либо переменной или комбинацией переменных. В нашем случае он используется для обнаружения экологических факторов, связанных с определенными почвенными профилями, характерными для каждого из трех кластеров. Факторы внешней среды выражены через фитоиндикационные шкалы, определенные по количественному и качественному анализу растительного сообщества изученного участка [4; 19]. Правомерность такого подхода обсуждается в ряде работ [4; 8]. Результаты дискриминантного анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Общие итоги дискриминантного анализа

Фитоиндикационные шкалы	Коэффициенты дискриминантного анализа			Факторная структура первых двух дискриминантных функций	
	лямбда Уилкса	F-критерий	p-уровень	корень 1	корень 2
Фитоиндикационные шкалы					
Hd	<b>0,70</b>	<b>6,43</b>	<b>0,00</b>	-0,35	0,24
Ffl	0,61	0,01	0,99	0,16	-0,03
Rc	0,61	0,02	0,98	-0,11	-0,07
Sl	0,64	1,68	0,19	0,12	0,06
Ca	0,63	1,19	0,31	0,02	-0,10
Nt	0,62	0,68	0,51	-0,08	0,07
Ae	0,62	0,84	0,44	0,05	-0,01
Tm	0,62	0,83	0,44	0,13	0,14
Om	0,67	<b>4,15</b>	<b>0,02</b>	0,05	0,28
Kn	0,62	0,64	0,53	-0,24	-0,10
Cr	0,62	0,43	0,65	-0,13	0,21
Lc	0,62	0,69	0,50	-0,09	0,11
Индексы, основанные на экоморфах растений					
Hugr	0,65	2,97	0,06	0,28	-0,42
Troph_B	0,62	0,81	0,45	-0,28	0,32
St	<b>0,67</b>	<b>3,77</b>	<b>0,03</b>	-0,30	0,28
Pr	<b>0,67</b>	<b>3,86</b>	<b>0,02</b>	0,25	-0,32
Hel	0,63	1,08	0,34	0,19	-0,17

Примечание. Hd – шкала гидроморф, ffl – переменность увлажнения, Rc – режим кислотности, Sl – солевой режим, Ca – содержание карбонатных солей, Nt – содержание усваиваемых форм азота, Ae – аэрация, Tm – терморегим, Om – омброрегим, Kn – континентальность климата, Cr – криорегим, Lc – шкала освещения, Hugr – гигроморфы, Troph\_B – трофоморфы, St – степанты, Pr – пратанты, Hel – гелиоморфы. Полужирным выделены статистически значимые значения.

Статистика лямбда Уилкса обозначает статистическую значимость мощностей дискриминации. Данный коэффициент характеризует долю дисперсии оценок дискриминантной функции, которая не обусловлена различиями между группами и уменьшается с ростом разностей средних значений. Ее значение меняется от 1 (нет никакой дискриминации) до 0 (полная дискриминация). Статистика лямбда Уилкса может быть преобразована к стандартному F значению, по которому вычисляется соответствующий уровень значимости (p-значение для каждого значения F).



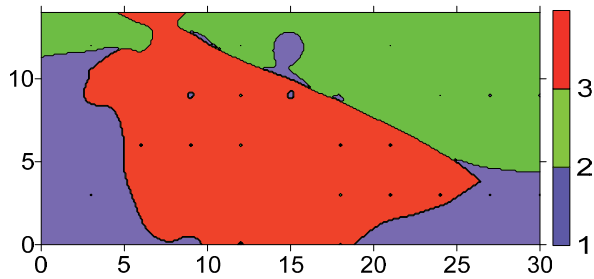


Рис. 4. Пространственное распределение кластеров твердости почвы на изученном полигоне

Согласно данным, представленным в табл. 3, различие кластеров является достоверно значимым для переменных шкал гидроморф, омброрезима, степантов и пратантов. Факторная структура дискриминантной функции позволяет дискриминировать кластеры между собой по установленным различиям (рис. 5).

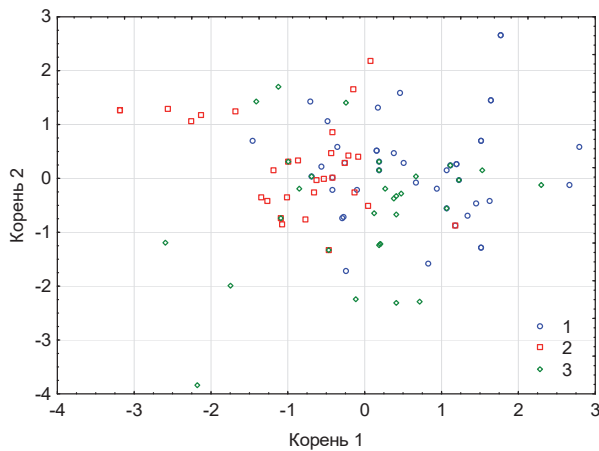


Рис. 5. Диаграмма рассеяния для двух дискриминантных функций

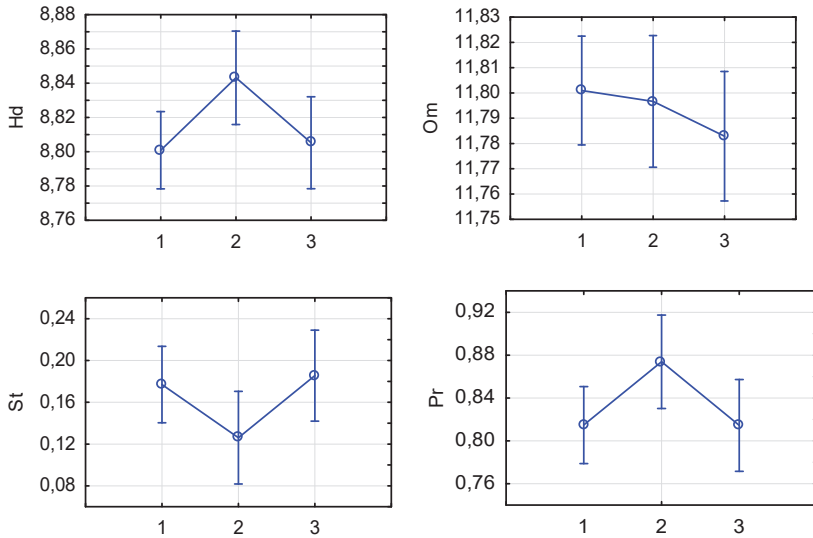
Корень 1 дискриминантной функции отличает кластеры 1 и 2 по изменению количества почвенной влаги и проективного покрытия степантов. Корень 2 дискриминирует третий кластер по показателям омброклимата и представленности пратантов. Шкалы гидроморф и степантов тоже являются значимыми для второй дискриминантной функции, их значения имеют противоположный знак значениям первой дискриминантной функции, что логично.

Применение инструментов дисперсионного анализа позволяет наглядно увидеть различие кластеров по выделенным характеристикам (рис. 6).

Повышенное количество почвенной влаги отличает участки почвы, относящиеся ко 2 кластеру, от тех, что принадлежат 1 и 3. Наибольшие значения по шкале омброклимата принадлежат кластеру 1, наименьшие – кластеру 3. Индексы, основанные на экоморфах растений, отличают второй кластер по повышенной доли пратантов от первого и третьего, где в растительном покрове преобладают степанты.

Результаты исследования позволяют говорить о наличии экоморфического строения дерново-литогенной почвы на красно-бурой глине участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна, определенного по показателям твердости. Твердость исследованной почвы в целом увеличивается с глубиной, однако характер такого увеличения существенно отличается в разных точках опытного участка и формирует характерные профили по изменению твердости.

Профили располагаются достаточно компактно, объединяясь в кластеры, которые занимают определенную территорию и формируют наглядные структуры.



**Рис. 6. Результаты дисперсионного анализа различий кластеров по шкалам гидроморф, омброклимата, степантов и пратантов**

Примечание. По оси абсцисс – значение соответствующей шкалы, по оси ординат – номера кластеров.

Экологический характер формирования этих структур доказывает их связь с экологическими свойствами экотопа. Исходными данными для такой оценки являются перечень видов с указанием их обилия (из геоботанических описаний) и соответствующий для видов перечень значений того или иного экологического фактора, что выражено через экологические шкалы [4; 15]. Таким образом, оцениваются экологические свойства экотопа: степень освещенности местообитания, увлажнение почвы, ее богатство, кислотность, содержание азота в почве, климатические свойства данной местности. Кроме того, по составу растительности можно оценить представленность ценоморф в растительном покрове местности, что является интегральной оценкой условий произрастания растений.

Статистическая достоверность вариаций внешних признаков, сопряженных с пространственной гетерогенностью почвенных участков, принадлежащих разным кластерам, дает возможность их содержательного описания и подтверждает экологический характер формирования выявленных почвенных структур – экоморф.

Почвенные экоморфы – это элементы пространственной организации почвы надгоризонтного уровня, которые обладают собственными размерами, формой, определенными закономерностями распределения в пространстве. Экоморфы дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах, отличающиеся резким увеличением твердости от 0 до 30 см вглубь почвы и относительно постоянными ее значениями в слоях 30–50 см, связаны с относительно небольшим содержанием почвенной влаги и увеличенной представленностью степантов в растительном покрове. Экоморфическое строение почвы, выраженное в резком закономерном увеличении твердости на глубину 50 см, связано со сравнительно большей влажностью почвы и, что естественно, большим процентом пратантов среди произрастающих на этих участках растений. Почвенные экоморфы, которые отличаются наличием резко выраженного твердого слоя почвы на уровне 5–10 см, и

относительно плавным повышением твердости вниз по профилю, функционально связаны со шкалой аридности-гумидности (омброклимата) и характеризуются повышенным содержанием в растительном покрове степантов.

Почвенные экоморфы выявлены как в техноземах, так и черноземе [9; 10; 12; 13; 28]. Их можно называть элементами неоднородности, так как они отличаются по критерию твердости от смежных элементов организации – почвенного материала, в котором располагаются. Эти морфологические образования являются естественными элементами организации почвы как природного тела, так как они отделены от смежного почвенного пространства градиентными границами, которые относят к наиболее «естественным», поскольку их положение в почвенном пространстве в наименьшей степени обусловлено позицией и взглядами исследователя [5]. В течение сезона с изменением температурных условий, условий увлажнения, облика растительного сообщества конфигурация экоморф меняется [13]. Отличными по форме и строению являются экоморфы разных почв [9; 10; 12; 13; 28]. Почвенное строение зависит от экологических факторов, что доказывает функциональную связь почвенных экоморф с факторами среды. Мы считаем, что формирование экоморфического строения – это способ взаимодействия почвы, как составляющей биогеоценоза, с другими его компонентами. Под экоморфическим строением мы понимаем особенности структуры (в широком смысле слова) почвенных экоморф и их взаимное расположение в окружающем почвенном материале как частей, составляющих одно целое – почвенное тело. Обнаружение почвенных экоморф решает классификационные задачи иерархии морфологических элементов, обозначенные рядом авторов [14; 22]. Кроме того, почвенные экоморфы могут оказаться одним из недостающих звеньев диатропической системы живого мира Земли [25], элементарной единицей организации которого является биогеоценоз.

Результаты нашего исследования раскрывают некоторые механизмы взаимодействия почвы, как компонента биогеоценоза, с другими его компонентами и обрисовывают интегральную картину происходящих в ней процессов-посредников между факторами почвообразования и свойствами почв. Свойства почвы определяют ее функции, важнейшей из которых является ее роль в сохранении биоразнообразия. Речь идет не о биоразнообразии, которое связано с таксономическим разнообразием почв в глобальных масштабах, а об обеспечении существования огромного количества видов живых существ в таксономически одинаковых почвах. Даже в пределах одного биогеоценоза в подавляющем большинстве случаев количество видов соизмеримо с числом видов почв, выделяемых почвоведом [5; 27]. И растения, и животные, и микроорганизмы находят себе экологическую нишу, которая целиком или частично размещается в почвенном пространстве. Сосуществование видов с разными требованиями к почвенной среде возможно благодаря наличию почвенного экоморфического строения, которое обеспечивает благоприятные условия для жизни организмов с разными, порой противоположными, требованиями к условиям существования.

### **Заключение.**

Внутрипочвенными процессами, обеспечивающими взаимодействие почвы, как компонента биогеоценоза, с другими его компонентами, являются процессы формирования почвенных экоморф. Свидетельствует об этом связь изменчивости внешних условий с почвенным экоморфическим строением, выраженным через вариабельность показателей твердости почвы. Формирование почвенного экоморфического строения – это передаточный механизм между факторами внешней среды и свойствами почв, который дает объяснение промежуточному звену главной естественнонаучной парадигмы почвоведения. Почвенные экоморфы, по аналогии с экоморфами видов, представляют собой приспособления почвы к биогеоценозу в целом и к каждому из его структурных элементов. Как материальные

тела, они имеют свою форму, естественные границы, законы взаимного расположения. Как элементы строения биокостного тела – почва – её экоморфы являются недостающим звеном в диатропической организации сложного, внутренне обусловленного единства биогеоценоза. Их функциональной ролью, на наш взгляд, является сохранение биоразнообразия, дающее устойчивость биогеоценозическому сообществу.

### Библиографические ссылки

1. *Андрусевич Е. В.* Экологическое пространство животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах // Грунтознавство. 2014. Т. 15. № 1–2. С. 120–134.
2. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение. Москва, 1971. 336 с.
3. *Бондарь Г. А., Жуков А. В.* Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозарастания дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках // Вісник Дніпр. держ. аграрного ун-ту. 2011. № 1. С. 54–62.
4. *Дідух Я. П.* Основи біоіндикації. Київ. 2012. 344 с.
5. *Дмитриев Е. А.* Теоретические и методологические проблемы почвоведения. Москва. 2001. 374 с.
6. *Єтеревська Л. В., Момот Г. Ф., Лехцієр Л. В.* Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації і систематики // Грунтознавство. 2008. Т. 9. № 3–4. С. 147–150.
7. *Жуков А. В., Кунах О. Н., Коновалова Т. М.* Пространственное размещение пороев слепышей (*Spalax mi-crophthalmus*) и твёрдость почвы // Поволжский экологический журнал. 2013. № 1. С. 3–15.
8. *Жуков А. В.* Фитоиндикационное оценивание измерений, полученных при многомерном шкалировании структуры растительного сообщества // Биологический вестник Мелитопольского гос. пед. ун-та им. Б. Хмельницкого. 2015. № 1. С. 69–93.
9. *Жуков А. В., Задорожная Г. А.* Роль внегоризонтных почвенных морфоструктур в организации растительности дерново-литогенных почв на лёссовидных суглинках (Никопольский марганцево-рудный бассейн) // Вісник Харків. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. Серія: біологія. 2015. Вип. 24. С. 171–186.
10. *Жуков А. В., Задорожная Г. А.* Оценка экоморфогеоза педозема и чернозема обыкновенного на основе показателей твердости // Міжвідомчий тематичний наук. зб. «Агрохімія і ґрунтознавство». Вип. 81. Харків. 2015. С. 72–80.
11. *Забалуєв В. О.* Технологія створення продуктивних багаторічних агрофітоценозів для рекультивованих земель // Вісник Дніпропетр. держ. аграрного ун-ту. 2003. № 3. С. 12–15.
12. *Задорожна Г. О.* Екологічний аспект просторової неоднорідності едафотопів техногенного походження // Науковий вісник Східноєвропейського нац. ун-ту ім. Лесі Українки. Серія: Біологічні науки. 2016. Т. 332. № 7. С. 106–116.
13. *Задорожная Г. А.* Сезонная динамика экоморфического строения чернозема // Міжвідомчий тематичний наук. зб. «Агрохімія і ґрунтознавство». Вип. 85. Харків, 2016. 84. С. 53–60.
14. *Захарченко А. В., Захарченко Н. В.* Опыт трехмерного отражения поверхностей почвенных горизонтов в натурных исследованиях // Почвоведение. 2006. № 2. С. 153–160.
15. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ / Загульнова Л. Б. и др. – Препринт: Пушино. 1995. 51 с.
16. *Карпачевский Л. О.* Экологическое почвоведение. Москва. 2005. 336 с.
17. *Масюк Н. Т.* Рекультивация земель в Украине: фундаментальные и прикладные достижения // Вісник аграрної науки. 1998. С. 15–21. Спец. вип. Січень.
18. *Матвеев Н. М.* Оптимизация системы экоморф растений А.Л. Бельгарда в целях индикации экотопа и биотопа // Вісник Дніпроп. ун-ту. Серія: Біологія, Екологія. 2003. Вип. 11. Т. 2. С. 105–113.
19. *Медведев В. В.* Твердость почв. Харьков. 2009. 152 с.
20. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография / А. А. Демидов и др. Днепропетровск. 2013. 560 с.
21. *Роде А. А.* Генезис почв и современные процессы почвообразования. Москва. 1984. 256 с.

22. **Розанов Б. Г.** Морфология почв. Москва. 2004. 432 с.
23. **Тарасов В. В.** Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. Дніпропетровськ. 2005. 276 с.
24. **Травлев А. П., Белова Н. А., Балалаев А. К.** Екологія почвообразования лесных черноземов // Грунтознавство. 2008. Т. 9. № 1–2. С. 19–29.
25. **Чайковский Ю. В.** Активный связанный мир. Опыт теории эволюции жизни. Москва. 2008. 726 с.
26. **Boogaart K. Gerald.** Package 'tensorA'. Advanced tensors arithmetic with named indices. 2010. 48 с. URL: <http://www.stat.boogaart.de/tensorA>
27. **Chesson P.** Mechanisms of maintenance of species diversity // Annu. Rev. Ecol. Syst. 2000. Vol. 31. P. 343–366.
28. **Zhukov A., Gadorozhnaya G.** Spatial heterogeneity of mechanical impedance of atypical chernozem: the ecological approach // Ekologia (Bratislava). 2016. Vol. 35. № 3. P. 263–278.
29. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / C. A. Cambardella et al. // Soil Science Soc. Am. 1994. Vol. 58. P. 1501–1511.
30. Strategies of ecological extrapolation / D.P.C. Peters et al. // Oikos. 2004. Vol. 106. P. 627–636.

*Поступила в редколлегию 3.10.2016 р.*

УДК 581.1

**А. М. Кабар, Ю. В. Лихолат, Я. О. Лучка, В. Р. Давидов, А. В. Янченко**  
*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

### **ОСОБЛИВОСТИ ДІЇ АНТИОКСИДАНТНИХ СИСТЕМ ГІБРИДОГЕННИХ ФОРМ КІСТОЧКОВИХ СЕЛЕКЦІЇ НБС-ННЦ В УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я**

Досліджено особливості функціонування антиоксидантних ферментативних систем на прикладі супероксиддисмутази (СОД) у міжвидових гібридів різних таксонів роду персик та мигдалю звичайного селекції Нікітського ботанічного саду – Національного наукового центру НААНУ (м. Ялта) в умовах ботанічного саду Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

*Ключові слова:* міжвидова гібридизація, персик, мигдаль, антиоксидантні ферментативні системи, супероксиддисмутаза (СОД), кластерний аналіз.

**А. Н. Кабар, Ю. В. Лихолат, Я. А. Лучка, В. Р. Давыдов, А. В. Янченко**  
*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

### **ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ СИСТЕМ ГИБРИДОГЕННЫХ ФОРМ КОСТОЧКОВЫХ СЕЛЕКЦИИ НБС-ННЦ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ**

Исследованы особенности функционирования антиоксидантных ферментативных систем на примере супероксиддисмутазы (СОД) межвидовых гибридов различных таксонов рода персик и миндаля обыкновенного селекции Никитского ботанического сада – Национального научного центра НААНУ (г. Ялта) в условиях ботанического сада Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара.

*Ключевые слова:* межвидовая гибридизация, персик, миндаль, антиоксидантные ферментативные системы, супероксиддисмутаза (СОД), кластерный анализ.

A. N. Kabar, Yu. V. Lykholat, Y. A. Luchka, V. R. Davydov, A.V. Yanchenko  
*Oles Hochar Dnipropetrovsk National University*

## FEATURES OF ACTION OF ANTIOXIDANT SYSTEMS OF HYBRID FORMS OF STONE FRUIT SELECTION NBG-NSC IN THE CONDITIONS OF STEPPE DNEPER

In Ukraine one of the most early prolific high yielding fruit crops are peach. Comprehensive study of the biological characteristics of peach and introduction in manufacture of qualitatively new productive forms and varieties is a necessary condition for the successful cultivation of this crop in a particular region. In this case, one of the main problems – getting peach varieties (*Persica vulgaris*

mill.), with high taste qualities. The degree of manifestation of nonspecific and specific reactions of plant organism under conditions of operation of any environmental factors largely determined by the state enzymes of antioxidant protection which participating direct part in the processes aimed at sustainability of plant organisms to the action of stress factors. Thus, as a result of our researches it is established that plants of the studied hybrid forms of F2 that are characterized by varying degrees the activity of redox enzymes and their dynamics, in particular SOD. It can be assumed that this phenomenon is associated with the formation of new variants as a result of the hybridization of F2, when hybrid forms as a result of splitting, according to its qualities can vary from each other. Therefore, the indicators of SOD activity may varied, both above and below the corresponding performance standard. In accordance to this among obtained the hybrids there are forms resistant to the conditions of introduction and not enough resistant. This gives you the opportunity to recommend varieties with high resistance for a wider implementation in the development of modern fruit growing and systems of planting industrial city, or as breeding material when creating fruit crops.

*Keywords:* floral-decorative plants, growing indexes, stability, heavy metals, cluster analysis.

В умовах України однією з найбільш скороплідних високоврожайних плодкових культур є персик. Комплексне вивчення біологічних особливостей персика і впровадження у виробництво якісно нових високопродуктивних його форм та сортів є необхідною умовою для успішного вирощування цієї культури в конкретному регіоні. При цьому одна із головних задач – отримання сортів персика (*Persica vulgaris Mill.*), що має високі смакові якості. Проте отримані шляхом міжсорткової гібридизації високопродуктивні, з гарними смаковими якостями сорти є менш стійкими в умовах півночі та центру України, менш стійкими до грибкових захворювань у порівнянні з дикорослими видами персика [2]. Усі ці сорти формувалися на вузькій генетичній основі персика звичайного та нектарину. Відомі також сорти персика селекції Національного ботанічного саду імені М. Гришка (м. Київ), які досить стійкі в умовах лісостепу України, проте нестійкі до грибкових захворювань («Нектарин Киевский», «Пам'ять Шевченко», «Дніпровський», «Рясний», «Жовтоплідний ранній», «Київський ранній» тощо) [7; 9].

Значні здобутки у цьому напрямку належать науковцям Нікітського ботанічного саду – Національного наукового центру, які при проведенні досліджень активно використовують такі таксони роду *Persica Mill.*: персик плаский – *P. vulgaris var. compressa Loud.*, персик карликовий – *P. vulgaris var. densa (Makino) Holub*, персик плакучий – *P. vulgaris var. pendula (Dipp.) Holub*, персик білоkwітковий махровий – *P. vulgaris var. alba-plena (Schneid.) Holub*, персик рожевоkwітковий махровий – *P. vulgaris var. duplex (Weston) Holub*, персик з пурпурово-червоними махровими kwітами – *P. vulgaris var. camelliaeflora (Dipp.) Holub*, персик червонолистяний – *P. vulgaris var. atropurpurea (Schneid.) Holub*, персик ферганський – *P. ferganensis subsp. ferganensis (Kost. et Rjab.) Rjab.*, персик тибет-

ський – *P. mira* (Koehne) Koval. et Kost., персик гірський – *P. davidiana* Carr., персик ганьсуйський – *P. kansuensis* (Rehd.) Koval. et Kost., а також мигдаль звичайний – *Amygdalus communis* L. [3; 5; 6; 7; 8; 10].

Серед отриманих гібридів, найчастіше гетерозисних, є форми, стійкі до грибкових захворювань та дуже різноманітні фенотипово, серед яких є карликові, середньорослі та голоплідні форми, а також форми, що мають суміщення цих ознак. Можливою є поява також і форм, стійких до сумарної дії зимових факторів, а також посухостійких, культивування яких буде вигідним, зокрема, і в умовах Дніпропетровської області. Тому для відбору стійких у місцевих умовах, а також до грибкових захворювань форм у 2003 році в Дніпропетровському ботанічному саду розпочалися роботи з інтродукції та акліматизації насінневого генетичного матеріалу міжвидових гібридів підродиною *Prunoidea Focke* селекції Никітського ботанічного саду – Національного наукового центру. Одним із важливих показників, що свідчить про рівень адаптованості організмів до умов середовища, є показники функціонування антиоксидантних ферментативних систем, зокрема супероксиддисмутази (СОД).

Тому основною метою досліджень було вивчення активності СОД інтродукованих таксонів роду *Persica* Mill., як показника стійкості сортів, для більш широкого впровадження у розвиток сучасного плодівництва та системи озеленення промислового міста, або в якості селекційного матеріалу при створенні плодкових культур.

#### Методи досліджень.

Досліджувані зразки рослин (однорічні пагони) відбиралися на території Ботанічного саду ДНУ ім. Олесь Гончара. Об'єктами досліджень були гібридогенні форми кісточкових (видів персика та мигдалю звичайного) селекції Никітського ботанічного саду – Національного наукового центру Національної аграрної академії наук України, що зростають на колекційній ділянці ботанічного саду ДНУ, із яких відібрано 12 форм (табл. 1).

Таблиця 1

#### Гібридні рослини, що зростають на колекційній ділянці ботанічного саду ДНУ

Піддослідна форма	Гібрид селекції НБС-ННЦ, від якого форма походить	Схема гібридизації
1-2-5	1004-88	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. vulgaris</i> subsp. <i>atropurpurea</i> × <i>P. persica davidiana</i>
1-2-8		
2-02-2		
1-1-4	631-89	<i>Amygdalus communis</i> × <i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>Nectarina</i>
1-1-12		
1-1-27		
1-1-36	1027-89	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. Davidiana</i>
1-1-37	1159-89	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. kansuensis</i> × <i>P. mira</i>
1-2-26	3-12-37	<i>P. kansuensis</i> × <i>P. mira</i> × <i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>Nectarine</i>
1-1-1	324-87	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. Kansuensis</i>
1-2-32	285-89	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. mira</i> × <i>P. ferganensis</i> × <i>P. Kansuensis</i>
2-05-4	1005-88	<i>Persica vulgaris</i> subsp. <i>nectarina</i> × <i>P. vulgaris</i> × <i>P. Davidiana</i>

Біометричні показники рослин вимірювали за методами [1]. Активність СОД (КФ 1.15.1.1) оцінювали фотоелектроколориметрично за ступенем інгібування відновлення нітросинього тетразолію за І. О. Перелигіною [4]. Статистичну об-

робку результатів, отриманих у триразовій повторності, здійснено за допомогою пакета Microfoft Statistica 6.0. Розбіжності між вибірками вважали значущими при  $p \leq 0,05$ .

Статистичну обробку результатів здійснено за допомогою пакета Microfoft Statistica 6.0 з довірчою імовірністю 95–99 %.

### Результати та їх обговорення.

Статистична обробка отриманих даних фізіолого-біохімічних показників (активності СОД) гібридних видів персиків та мигдалю (12 дослідних: 1-1-1, 1-1-4, 1-1-12, 1-1-27, 1-1-36, 1-1-37, 1-2-5, 1-2-8, 1-2-26, 1-2-32, 2-02-2, 2-05-4 і 2 еталонні: *Persica vulgaris* та *Prunus dulcis*) показала, що в нашому експерименті ми можемо прийняти або відхилити гіпотезу  $H_0$ . Якщо ми приймаємо гіпотезу  $H_0$  (відхиляємо гіпотезу  $H_1$ ), тоді:  $H_0: X_{1cp} - X_{2cp} = 0$  і ми можемо сказати з рівнем значущості  $\alpha = 95\%$ , що відмінностей у досліджуваних показниках ми не спостерігаємо. Якщо ж ми відхиляємо гіпотезу  $H_0$ , тоді:  $H_1: X_{1cp} - X_{2cp} \neq 0$  і ми можемо сказати з рівнем значущості  $\alpha = 95\%$ , що відмінності між досліджуваними показниками існують.

$X_{1cp}$  – середнє дослідне;

$X_{2cp}$  – середнє контрольне.

Експериментально встановлено, що у дослідних рослин персиків існують відмінності між показниками активності СОД у різних гібридів: підвищення активності СОД було характерним для гібридогенних форм 1-1-1, 1-1-4, 1-1-37, 1-2-26, 1-2-32 та 2-05-4, як це видно на рис. 1 та рис. 2.

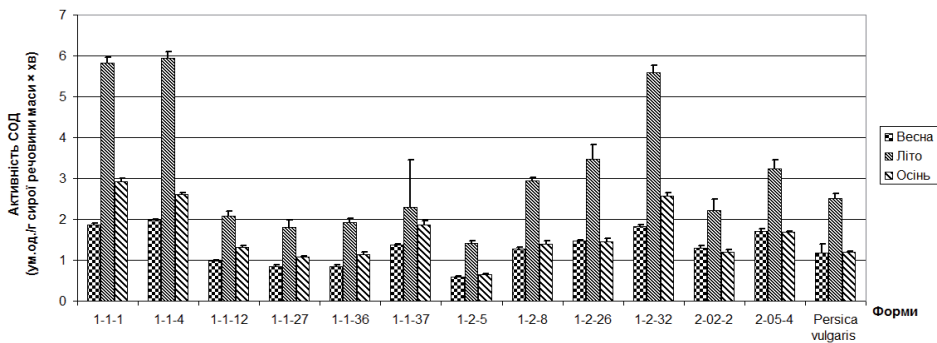


Рис. 1. Відмінності між активністю СОД досліджуваних гібридів та *Persica vulgaris*, від.од./г сирої ваги × хв

Ступінь прояву неспецифічних та специфічних відповідних реакцій рослинного організму за умов дії будь-якого чинника довкілля значним чином визначається станом ферментів антиоксидантного захисту, що беруть безпосередню участь у процесах, спрямованих на стійкість рослинних організмів до дії стрес-факторів.

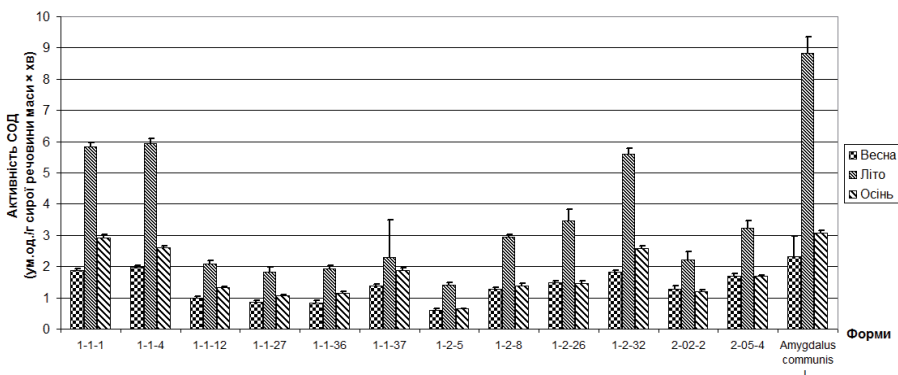


Рис. 2. Відмінності між активністю СОД досліджуваних гібридів та *Amygdalus communis L.*, від.од./г сирої ваги × хв



Наявність ферментних систем, що нейтралізують вільні радикали, обумовлює стійкість рослин до різних впливів. Важливе місце серед ферментів-антиоксидантів займає супероксиддисмутаза, яка забезпечує обрив ланцюгів вільнорадикальних реакцій у клітині та здійснює рекомбінацію радикалів  $O_2^-$  з утворенням пероксиду водню та триплетного кисню. Активність СОД є показником неспецифічної резистентності рослинного організму до стресових чинників. Проте, у кожного виду рослин значення активності СОД є специфічними, тобто обумовленими спадковістю, що тривалий час формувалася у конкретних еколого-географічних умовах того регіону, де цей вид формувався. Як ми бачимо з гістограм (рис. 1, 2), еталонні види – персик звичайний та мигдаль звичайний – є досить сильно відмінні за цими показниками. Для мигдалю притаманні високі значення активності СОД протягом усього сезону вегетації (2,4 ум.од./г сирі маси×хв наповесні, 8,8 ум.од./г сирі маси×хв влітку та 3,1 ум.од./г сирі маси×хв восени). При цьому відразу помітно, що значення активності СОД восени не повертаються до відповідного наповесні, що свідчить про уповільнення переходу рослин до стану відносного спокою. Це підтверджується також візуальними спростереженнями (скидання листя відбувається тільки після заморозків, без їх осіннього забарвлення). Для персику звичайного, навпаки, значення активності СОД є відносно низькими протягом всього сезону вегетації (1,2 ум.од./г сирі маси×хв наповесні та восени і 2,6 ум.од./г сирі маси×хв влітку, під час термічного стресу). При цьому значення активності СОД однакові як наповесні, так і восени. Осіннє забарвлення листя спостерігається чітко та листопад відбувається ближче до кінця жовтня.

Проведені біохімічні дослідження виявили, що активність супероксиддисмутази в листках досліджуваних гібридних форм порізно змінювалася протягом періоду передпокою та вегетації.

Наповесні активність ферменту максимальна у форми 1-1-4 і складала 1,98 ум.од./г сирі маси×хв; мінімальний показник у форми 1-2-5 – 0,597 ум.од./г сирі маси×хв. При цьому високі значення також характерні для форм 1-1-1, 1-2-32. Низькі значення активності СОД притаманні гібридогенним формам 1-1-12, 1-1-27, 1-1-36, 2-02-2. Форми 1-1-37, 1-2-8, 1-2-26 та 2-05-4 – займають проміжне положення. Ці показники в даному випадкові є видоспецифічними і індукованими спадковістю.

Літом максимальна активність СОД виявлена у форм 1-1-1 – 5,823 ум.од./г сирі маси×хв; мінімальний показник для 1-2-5 – 1,403 ум.од./г сирі маси×хв. При цьому максимальні значення активності ферменту також характерні для форм 1-1-1, 1-1-4 та 1-2-32, що наближує ці форми за показником до мигдалю. У форм 1-1-12, 1-1-27, 1-1-36, 1-2-5, 2-02-2 значення активності СОД зростають незначно, що робить ці форми схожими на персик. Решта форм – має проміжні значення активності ферменту (1-1-37, 1-2-26, 1-2-8, 2-05-4).

У кінці досліду (восени) максимальна активність супероксиддисмутази виявлена у форм 1-1-1 – 2,927 ум.од./г сирі маси×хв; мінімальний показник для 1-2-5 – 0,65 ум.од./г сирі маси×хв. При цьому у частини форм спостерігається поступове повернення активності СОД до рівня значень, характерних для цієї форми наповесні (1-2-5, 1-2-8, 1-2-26, 2-02-2, 2-05-4). Це свідчить про поступовий перехід рослин до стану відносного спокою в осінньо-зимовий період, що робить їх схожими на персик звичайний. Навпаки, у форм 1-1-1, 1-1-4, 1-2-32 – значення активності СОД не повертаються до рівня початку вегетації, що робить їх схожими до мигдалю звичайного. Решта форм мають проміжні значення активності СОД (1-1-12, 1-1-27, 1-1-36 та 1-1-37). Цікавою є гібридогенна форма 1-1-37, яка, попри досить невисоку активність СОД протягом вегетаційного сезону, не припиняє вегетацію в осінній період.

**Висновки.**

Таким чином, у результаті проведених нами досліджень встановлено, що рослини досліджених гібридних форм F2 характеризуються різним ступенем показників активності окисно-відновних ферментів та їх динаміки, зокрема СОД. Можна припустити, що дане явище пов'язане з утворенням нових варіантів внаслідок гібридизації в F2, коли гібридні форми за своїми якостями можуть внаслідок розщеплення сильно відрізнятися одна від одної. Тому й показники активності СОД можуть бути різноманітними: як вищими, так і нижчими за відповідні показники еталону. Відповідно до цього, серед отриманих гібридів є форми як стійкі до умов інтродукції, так і недостатньо стійкі. Це дає можливість рекомендувати сорти з високою стійкістю для більш широкого впровадження у розвитку сучасного плідництва та системи озеленення промислового міста, або в якості селекційного матеріалу при створенні плодкових культур.

**Бібліографічні посилання**

1. **Боброва О. М., Лихолат Ю. В., Лесько Ю. В.** Особливості розмноження представників роду *Berberis* L. В умовах ботанічного саду ДНУ ім. Олеся Гончара // Вісник Дніпропетр. держ. аграрного ун-ту. 2014. №1 (33). С. 51–53.
2. Анализ биологического видового разнообразия представителей подсемейства *Prunoideae* Foske семейства *Rosaceae* Juss. в ботанических садах Днепропетровщины / А. Н. Кабар и др. // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Біорізноманіття: теорія, практика та методичні аспекти вивчення у загальноосвітній та вищій школі». Полтава. 2010. С. 83–85.
3. **Овчаренко Г. В., Перфильева З. Н., Шоферистов Е. П.** Использование генофонда персика и нектарина в селекции на иммунитет к мучнистой росе // Защита растений-интродуцентов от вредных организмов: сб. науч. тр. Киев. 1987. С. 54–56.
4. **Перслегина И. А.** Активность антиоксидантных ферментов слюны здоровых детей // Лабораторное дело. 1989. С. 20–23.
5. **Рябов Н. И.** Никитский ботанический сад – сокровищница сортов южных плодовых культур // Бюлл. Гос. Никитского ботан. сада. 1981. № 1 (44). С. 25–27.
6. **Рябов Н. И.** Интродукция и селекция косточковых плодовых культур в СССР // Селекция и семеноводство картофеля, овощных и плодовых культур и винограда: сб. статей. Москва. 1972. С. 233–239.
7. **Трофаниук А. П.** Результаты изучения новых семенных подвоев персика в южной Причерноморской степи Украины. 1988. Рукопись.
8. **Черепанов С. К.** Сосудистые растения СССР. Ленинград. 1981. 509 с.
9. **Шайтан И. М., Чуприна Л. М., Анпилогова В. А.** Биологические особенности и выращивание персика, абрикоса, алычи. Киев. 1989. 256 с.
10. **Шоферистов Е. П.** Происхождение, генофонд и селекционное улучшение нектарина: автореф. дисс. на соискание уч. степени докт. биол. наук. Ялта. 1995. 55 с.

*Надійшла до редколегії 15.08.2016 р.*