

УДК: 579.26

## АКТИВНОСТЬ ДЕГИДРОГЕНАЗЫ В МАКРОАГРЕГАТАХ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛАНДШАФТА\*

Майра Кусаинова<sup>1,2</sup>, Мурат Дурмуш<sup>1</sup>, Айлин Еркожак<sup>1,3</sup>, Ридван Кизилкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет Ондокуз Майыз, Сельскохозяйственный факультет, Кафедра почвоведения и питания растений, 55139, Самсун, Турция

<sup>2</sup>Казахский научно исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Черноморский сельскохозяйственный научный институт, Самсун, Турция

Основная цель исследований заключалась в определении изменения активности дегидрогеназы в зависимости от макроагрегатного состава и элементов рельефа на лесных почвах. Исследование проводилось в Коджада, город Самсун, Турция. Пробы почвы были отобраны в пяти точках исследуемого ландшафта, т. е. вершина, склон, откос 1, откос 2 и подножье склона. Методом сухого просеивания почвы были разделены на шесть фракций, в которых была определена активность дегидрогеназы.

Исследования показали, что рельеф влияет на содержание макроагрегатной фракции и активность дегидрогеназы в агрегатах. Во всех образцах почв исследуемого участка, содержание макроагрегатов, во фракциях > 6,3 мм и 2,00-4,75 мм было более высокое, чем в других фракциях. Наиболее высокой активностью дегидрогеназы обладают почвы подножий склонов.

Во всех участках, за исключением склона, активность дегидрогеназы была более высокой в макроагрегатах фракции <1 мм, чем в других фракциях.

### ВВЕДЕНИЕ

Почвенные агрегаты являются важным компонентом почвенной структуры и имеют значение для здоровья и качества почвы. Размер, количество и прочность агрегатов почвы отражает экологическое состояние физических свойств, которые включает факторы, усиливающие агрегацию почвы. Измерение почвенных агрегатов зависит от силы связанности и прочности частиц, а также характеристики масштаба разрушительных сил. Агрегатный состав почвы восприимчив к почвенной эрозии, он влияет на состав органического вещества, аэрацию почв, проникновение воды и поставку растениям минерального питания. Многие исследования показали, что возникновение органических компонентов зависит от объема и устойчивости почвенных агрегатов [1]. Тем не менее, что бы понять роль агрегатного состава в плодородии почвы, необходимо знать, как агрегация

способствует сохранению органических веществ в почве [2]. Оба процесса служат посредниками в микробиологической активности почвы [3].

Почвенные микроорганизмы и их деятельность являются важнейшими компонентами биотического сообщества в естественных лесах и в значительной степени ответственны за функционирование экосистем [4, 5]. Микробные популяции и их деятельность была изучена лучше в поверхностных горизонтах почв, чем, в почвенных агрегатах [6-8]. Микроорганизмы в почве играют не только важную роль в биохимическом цикле элементов в экосистемах земли [9], но выделяя органические лиганды и кислоты помогают «выветриванию» минеральной части почвы, содержащей ценные питательные вещества, находящиеся в недоступной для растений форме. Некоторые микробиологические показатели были использованы для оценки состоя-

\*По просьбе ученых почвоведов Казахстана в журнал помещен перевод статьи с английского языка, опубликованной в журнале Eurasian Journal of Soil Science. No 2. 2013. P. 69-75.

ния и устойчивого развития плодородия почвы в природных экосистемах [10, 11]. В настоящее время существует ряд методов по изучению микроорганизмов и их деятельности на уровне микросреды [12]. Зависимость микробиологических свойств почв участка и почвенных факторов изучались рядом авторов [13]. Некоторые микробиологические свойства почвы, такие как активность ферментов и микробной биомассы используют как биоиндикаторы качества почвы и для мониторинга здоровья окружающей почвенной среды [14]. Было высказано предположение, что микробиологическое состояние почвы, дает возможность проводить раннюю и чувствительную индикацию экологического стресса или восстановительных процессов в природных экосистемах [15, 16]. Среди микробиологических особенностей, почвенные ферменты были предложены в качестве потенциальных показателей качества почвы, в связи с их биологическим происхождением, простотой в определении и высокой чувствительности к изменениям в регулировании, по сравнению с другими биологическими свойствами почвы [17]. Среди различных ферментов почвы, активность дегидрогеназы была признана в качестве важных биохимических показателей почвы [18, 19]. Это понятие было введено для определения метаболической активности микроорганизмов в почве и других мест обитания, путем измерения активности дегидрогеназы [20]. Активность дегидрогеназы считается индикатором для биологических окислительно-восстановительных систем и мерой интенсивности микробиологического разложения веществ в почве, следовательно, и микробиологической активностью [21-24], потому что она дает понятие об общем числе жизнеспособных клеток.

Ландшафтный подход был использован многими авторами, работавшими над

аналогичными проблемами, особенно, принимая во внимания микробиологические и топографические аспекты. Некоторые из них оценили связь между двумя факторами в больших или малых пространственных масштабах, сравнивая между собой микробиологические свойства почв и природные экосистемы, как например леса, пастбища и сельскохозяйственные угодья.

В данном исследовании авторы, работая над определением "активности дегидрогеназы в макроагрегатах почвы", объясняют, что ландшафт является, ключевым понятием, через которое мы можем понять экологические процессы в лесной почве, утверждая, что "пространственная структура лесных микробиологических хранилищ, зависит от топографии, изменчивости почвы, размера макроагрегатов и ландшафтного положения".

Основные задачи исследования заключаются в следующем: 1. Оценить влияние рельефа на макроагрегатный состав почв. 2. Выявить взаимосвязь между макроагрегатным составом и активностью дегидрогеназы почв.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

##### *Описание исследовательской работы*

Исследуемый участок расположен в районе Коджада (Kocadağ), города Самсун (41° 19' с.ш., 36° 02' з.д.), на высоте от 200 до 1200 м над уровнем моря в Северной Анатолии. Исследование проводилось в декабре 2012 года. Климат полувлажный, (Rf = 52.5), температура от 6,6 °С в феврале до 23 °С в августе. Среднегодовая температура составляет 14 °С, а среднее годовое количество осадков - 735 мм. Высота и крутизна склонов на топографической карте показывает большие изменения и волнисто-холмистые физико-географические единицы. Материнские породы представлены преимущественно песчаниками и известняками. Область исследования расположена на площади А6, в соот-

ветствии системой обозначения Дэвиса (Davis, 1965). Растительный покров представлен лесами с доминированием *Quercus L. cerris var. cerris* и *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl подвид Iberica (Steven ex Bieb) Krasslin. В результате активной человеческой деятельности некоторая часть естественных лесов была нарушена и деградировала. В связи с нарушениями на вырубках разрослись кустарники *Rhododendron lutetum* Sweet.

#### Отбор почвенных проб

Исходя из гипотезы о том, что положение почвы в ландшафте является основным управляющим фактором, влияющим на содержание микробной массы в агрегатах, были отобраны поверхностные образцы с разных элементов ландшафта (вершина, склон, откос 1, откос 2 и подножье склона) по трансектам с юга на север (рисунок 1).

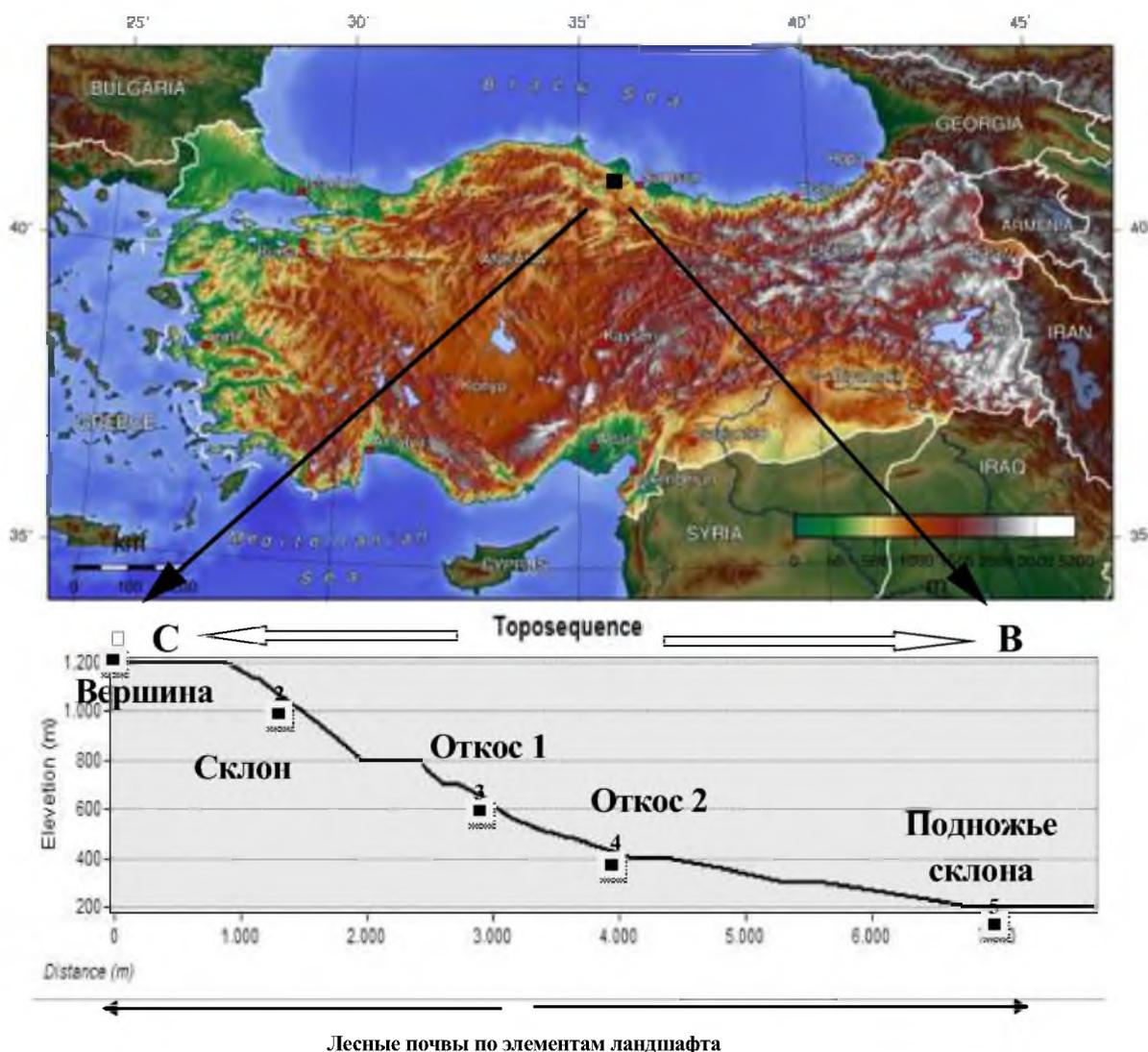


Рисунок 1 – Схема расположения почвенных разрезов по элементам ландшафта

Почвенные образцы были доставлены в лабораторию в тот же день. Для проведения физико-химических анализов почвы, растительные остатки, корневые фрагменты и камни размерами, превышающие 2 мм были удалены. Образцы почвы измельчали вручную и просеивали через сито с отверстиями < 8 мм без корневой массы.

Почвенные агрегаты просеивались через сито разных диаметров, таким образом, были отобраны 30 макроагрегатных образцов. Эти образцы были использованы для определения микробной массы при условиях полевой влажности. Пробы почвы до анализа хранились в холодильнике в полиэтиленовых мешках не более 72 часов, при температуре 4 °С.

#### *Физико-химический анализ почвы*

Почву высушили на воздухе и просеяли через сито с отверстиями диаметром 2 мм и распределили мелкозем по ареометрическому методу [25]. Органическое вещество определяли, используя метод Walkley-Black мокрого озоления. рН и электропроводность (ЕС) в 1:1 (вес / объем) в почве: водной суспензии с помощью рН-метра и ЕС-метра. CaCO<sub>3</sub> методом Scheibler calcimetric.

#### *Разделение на агрегаты*

Для начало берут 2 кг образца почвы и в течение 2 мин просеивают через набор сит, разделяя на различные фракции: 6,30; 4,75; 2,00; 1,40 и 1,00 мм, используя аппарат для ситового анализа (скорость и время одинаковые), производства ELE International. Каждую просеянную почву взвесили и разделили на восемь фракции по классификации [26, 27]: [I] > 6300 мкм (чрезвычайно крупный макроагрегат), [II] 6300 - 4750 мкм (очень крупный макроагрегат), [III] 4750 - 2000 мкм (крупный макроагрегат), [IV] 2000 - 1400 мкм (средний макроагрегат), [V] 1400 - 1000 мкм (мелкий макроагрегат) и [VI] <1000 мкм (очень мелкий макроагрегат).

#### *Активность дегидрогеназы в агрегатах*

Активность дегидрогеназы определяли в соответствии с методикой [28]. Для этого используют 2,3,5-трифенил-тетразолийхлорид, 2,3,5-ТТХ (C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>N<sub>4</sub>Cl, бесцветное вещество), который, акцептируя мобилизованный дегидрогеназой водород, превращается в почве в 2,3,5-трифенилформазан, 2,3,5-ТФФ (C<sub>19</sub>H<sub>16</sub>N<sub>4</sub>, вещество красного цвета): C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>N<sub>4</sub>Cl + H<sub>2</sub> → C<sub>19</sub>H<sub>16</sub>N<sub>4</sub> + HCl

При анализе активности дегидрогеназы навеску почвы (6 г) помещают в колбу и туда же добавляют 30 мг глюкозы (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), 1 мл 3 %-ных 2,3,5-ТТХ, 2,5 мл простой воды, и все это перемешивают. Колбы закрывают и помещают их в термостат на инкубацию при температуре 37 °С на 1 сутки. После этого образующееся в почве вещество 2,3,5-ТФФ из внесенного в нее 2,3,5-ТТХ многократно экстрагируют этиловым спиртом (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), до достижения бесцветной вытяжки с последовательным ее пропусканием через бумажный фильтр в мерные пробирки. Интенсивность окраски объединенных фильтратов этилового спирта измеряют на спектрофотометре при λ=485 нм. Концентрацию 2,3,5-ТФФ вычисляют по калибровочному графику, составленному для этого вещества в диапазоне, например, 1-25 мкг 2,3,5-ТФФ/мл. Активность дегидрогеназы выражают в единицах мг 2,3,5-ТФФ /г/сут.

Все результаты активности дегидрогеназы вычислялись как средние значения из трех повторностей на абсолютно сухую почву; влажность определялась по потере в весе после высушивания почвы при 105 °С в течение 48 часов.

#### *Статистический анализ*

Статистический анализ проводился на основе анализа среднего отклонения с помощью программы ANOVA, где были получены F-значения, различия между отдельными значениями были протести-

рованы с использованием теста НЗР (наименьшей значимой разности), с уровнем значимости  $p < 0,01$ . Звездочки, \*, \*\* и \*\*\* соответствуют значимости при  $P < 0,05$ , 0,01 и 0,001, соответственно.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

##### *Физико-химические свойства почвы*

Анализ физических и химических свойств почвы показал их зависимость от природных экологических факторов. К ним относятся климат, материнская порода (геологическая основа) и топография (рельеф), изменяющиеся на небольших расстояниях в пределах исследуемой территории, сформированной на аккумулятивных отложениях под лесными почвами (Коджада, Самсун, Турция). Уклон можно рассматривать как один из важнейших абиотических факторов, который контролирует процесс почвообразования в местном масштабе. Основные физические и химические свойства исследуемой почвы,

представлены в таблице 1. Механический состав почвы колеблется от песчаного суглинка через илстые глины до глин. Почвы вершины показали самое высокое содержание глины (77,99 %), в то время как почвы подножья склона имеют высокое содержание песка (57,83 %). pH почвы варьировались от 5,70 до 7,60, электропроводность низкая ( $< 0,98 \text{ dS m}^{-1}$ ). По содержанию углерода в почвах самые высокие значения имеют образцы склона и подножья склона, которые возможно связаны с высокой удельной поверхностью. Влияние топографии (рельефа) на мощность почвы было выявлено многими исследователями [29-31]. Эти различия отвечают за эффект эродирующих сил в различных позициях склона и материнской породы [32]. Они же показывают, что движение и распределение воды на склонах является одной из основных причин различий почвенных свойств в ландшафтах.

Таблица 1. Физико-химические свойств почв, отобранных в различных позициях ландшафта

Свойства почвы	Позиции ландшафта				
	Вершина	Склон	Откос 1	Откос 2	Подножье склона
Координаты (utm)	37T 0257721 4579115	37T 0258378 4579806	37T 0259103 4579500	37T 0260089 4578216	37T 0264006 4578763
Глина, %	77,99	58,6	67,28	38,28	20,91
Ил, %	14,76	25,76	19,55	28,18	21,26
Песок, %	7,25	15,64	13,17	33,54	57,83
Текстура почвы	Глина	Пылеватая глина	Глина	Тяжелый суглинок	Тонко пылеватый суглинок
Орг.С, %	3,35	5,38	1,66	3,025	5,45
CaCO <sub>3</sub> , %	3,4%	0,71%	1,82%	1,82%	1,74%
pH (1:1)	6,70	5,90	7,60	5,70	6,60
ЕС, dS. m <sup>-1</sup>	0,24	0,20	0,47	0,29	0,93

##### *Распределение почвенных агрегатов*

Совокупное распределение по размерам почвенных агрегатов в процентном соотношении, определенных методом сухого просеивания от общей массы, представлены на рисунке 2.

Содержание макроагрегатов, особенно во фракциях  $> 6,3 \text{ мм}$  и  $2,00\text{-}4,75 \text{ мм}$ , во всех образцах почвы были выше, чем содержание в других фракции макроагрегатов. Было установлено, что большинство агрегатов обычно образуются в

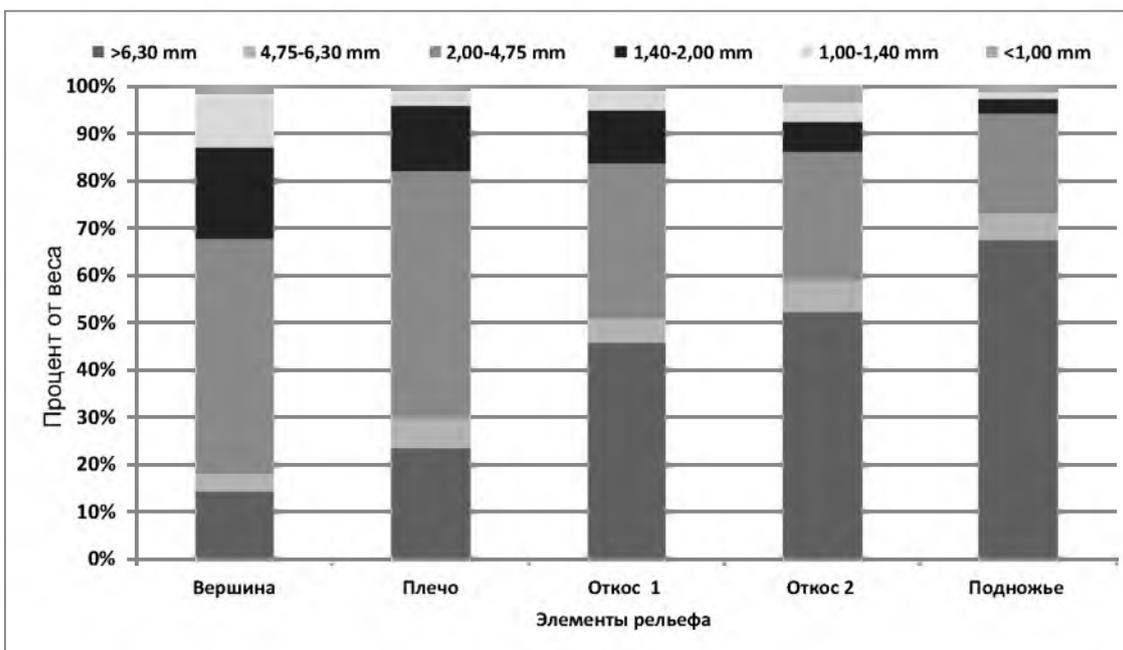


Рисунок 2 - Распределение природных макроагрегатов в исследуемых образцах почвы

крупных фракциях макроагрегатов ( $> 6,3$  мм) на участке подножье склона. Но наименьший размер макроагрегатов ( $< 1$  мм, 1,00-1,40 мм и 1,40-2,00 мм) были самыми высокими на вершине участка.

Это может быть объяснено низким содержанием органического вещества в этой почве, по сравнению с другими почвами. Другими словами, существует тесная корреляция между размерами агрегатов и органическим веществом. Стабильность макроагрегатов зависит от способов обработки в связи с переходным характером связующих веществ [33, 26]. Это отражает теорию совокупной иерархии, что объясняет постепенное разрушение макроагрегатов, предшествующее полному распаду до первичных частиц. Другим следствием этого принципа является то, что молодые и более нестабильные органического вещества в почве содержатся больше в макроагрегатах, чем микроагрегатах. Наши результаты также показали соответствие с результатами исследований, проведенных другими авторами [34, 6, 7].

#### Активность дегидрогеназы

Распределение активности дегидрогеназы в естественных почвенных макроагрегатах приведены в таблице 2. За исключением участка склона уровень активности дегидрогеназы почвы увеличивается с увеличением фракции макроагрегатов ( $P < 0,01$ ), достигая максимально до  $< 1,00$  мм на всех участках ландшафта. Существенное изменение активности дегидрогеназы были обнаружены в различных природных фракциях макроагрегатов на разных участках ландшафта. Достоверная вариация активности дегидрогеназы обнаружена в некоторых фракциях и участках ландшафта. Дисперсионный анализ результатов исследования на определение активности дегидрогеназы показали, что все факторы (различные ландшафты и фракции агрегатов) значительно влияют на активность дегидрогеназы (таблица 2).

Активность дегидрогеназы - отражает общий диапазон окислительной активности почвенной микрофлоры и, как следствие, это может быть хорошим индикатором

Таблица 2 - Изменения активности дегидрогеназы ( $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ ) в естественных макроагрегатах почвенных проб

Размер макроагрегатов	Участки ландшафта									
	Вершина		Склон		Откос 1		Откос 2		Подножье склона	
>6,30 mm	0,88	$\pm 0,06$	2,45	$\pm 0,17$	1,34	$\pm 0,12$	1,25	$\pm 0,09$	3,48	$\pm 0,23$
4,75-6,30 mm	1,04	$\pm 0,19$	2,64	$\pm 0,16$	2,11	$\pm 0,19$	1,54	$\pm 0,25$	4,26	$\pm 0,18$
2,00-4,75 mm	1,90	$\pm 0,05$	2,64	$\pm 0,26$	2,14	$\pm 0,20$	3,24	$\pm 0,18$	6,36	$\pm 0,47$
1,40-2,00 mm	2,20	$\pm 0,05$	3,12	$\pm 0,18$	2,19	$\pm 0,09$	3,91	$\pm 0,22$	8,05	$\pm 0,37$
1,00-1,40 mm	2,57	$\pm 0,11$	2,55	$\pm 0,04$	2,82	$\pm 0,18$	5,36	$\pm 0,07$	9,52	$\pm 0,39$
<1,00 mm	2,73	$\pm 0,11$	1,76	$\pm 0,12$	3,55	$\pm 0,14$	6,43	$\pm 0,41$	13,14	$\pm 2,10$
Сред. знач.*	1,87		2,65		1,82		2,32		4,47	
<b>Результат статистического анализа</b>										
							<i>F-величина</i>		<i>LSD (1%)</i>	
Участок ландшафта (L)							514,108***		0,377	
Распределение макроагрегатов по размерам (A)							157,083***		0,413	
L x A							37,451***		0,923	

\*Среднее значение, рассчитывается в процентах от веса x каждого размера агрегата

тором микробиологической активности в почве [21]. В этом исследовании степень активности дегидрогеназы показала четкие различия между размерами макроагрегатов. Было обнаружено, что, за исключением участка склона, уровень активности дегидрогеназы был высоким в макроагрегатах 1,00 <, 1,00-1,40, 1,40-2,00 мм по сравнению с другими размерами макроагрегатов. Самый низкий показатель активности дегидрогеназы был на вершине и откосе 1. Напротив самый высокий уровень активности дегидрогеназы проявляется у подножья склона, что согласуется с предыдущими работами [6, 7]. Основной причиной повышенной активности дегидрогеназы у подножья склона, по сравнению с другими участками рельефа, является большая доступность к органическому углероду, питательным веществам и стимуляции активности микроорганизмов в почве. Активность дегидрогеназы в почве зависит от содержания растворимого органического углерода [35, 36, 24, 18] и от повышенного органического вещества на поверхности почвы, который усиливает активность дегидрогеназы почв. Повышение активности дегидрогеназы сопровождается увеличением числа микробных групп и улучшением других

условий жизни, таких как аэрация и влажность [37].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Топография и размер агрегатов может влиять на микроорганизмы и их деятельность через воздействие почвенного микроклимата, физических и химических свойств почвы, рост растений, и поглощение углерода в почву. Исследования показали, что изменения распределение размеров макроагрегатов может изменить активность дегидрогеназы в почвенных агрегатах. Результаты показывают, что распределение размеров макроагрегатов и активность дегидрогеназы макроагрегатов вдоль склона холма были наиболее отличаемы в лесной почве в зависимости равномерного лесонасаждения. Участок подножья склона имеет большее содержание органического углерода, по сравнению с другими участками. Содержание органического вещества на эрозионных отложениях подножья склона гораздо выше, чем на склоне с денудацией. В заключение, свойства почвы и активность дегидрогеназы изменяется в зависимости от ландшафта (рельефа) и размера агрегатов. Таким образом, леса должны быть использованы в соответствии с при-

нципами устойчивого управления. Для этого требуется предотвращение крупномасштабных преобразований природных лесов в искусственные, и это должно быть практикой управления лесами на основе устойчивой продуктивности почв.

*Благодарность*  
Мы благодарны TUBITAK-BIDEV (научно-технический научно-исследовательский совет Турции) за предоставленную финансовую поддержку в исполнении исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Deneff, K., 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter Dynamics. *Soil and Tillage Research* 79, 7–31.
2. Abiven, S., Menasseri, S., Chenu, C., 2009. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 41, 1–12.
3. Kiem, R., Kandeler, E. 1997. Stabilization of aggregates by the microbial biomass as affected by soil texture and type. *Applied Soil Ecology* 5, 221-230.
4. Hackl E, Bachmann G, Zechmeister-Boltenstern S (2004) Microbial nitrogen turnover in soils under different types of natural forest. *Forest Ecology and Management* 188, 101–12.
5. Kızılkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B., Sağlam, M., 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology* 40, 95-102.
6. Aşkın, T., Kızılkaya, R., 2006a. Organic and microbial biomass carbon contents of aggregates in a toposequence of pasture Soils. *Asian Journal of Chemistry* 18(2), 1500-1508.
7. Aşkın, T., Kızılkaya, R., 2009. Soil basal respiration and dehydrogenase activity of aggregates: A study in toposequence of pasture soil. *Zemdirbyste-Agriculture* 99, 98–112.
8. Dengiz, O., Kızılkaya, R., Erkoçak, A., Durmuş, M., 2013. Variables of Microbial Response in Natural Soil Aggregates for Soil Characterization in Different Fluvial Land Shapes. *Geomicrobiology Journal* 30, 100-107.
9. Madsen, E. 1995. Impacts of agricultural practices on subsurface microbial ecology. *Advances in Agronomy* 54, 1-67.
10. Visser, S., Parkinson, D., 1992. Soil biological criteria as indicator of soil quality: soil microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 33-37.
11. Kızılkaya, R., Bayraklı, B. 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology* 30, 192-202.
12. Nannipieri, P., Grego, S., Ceccanti, B., 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: Bollag, J.W. Stotzky, G. (Eds.), *Soil Biochemistry, Volume 6*, Marcel Dekker Inc. New York, USA.
13. Vekemans, X., Godden, B., Penninckx, M.J., 1989. Factor analysis of the relationships between several physico-chemical and microbiological characteristics of some Belgian agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21, 53-57.
14. Rogers, J.E., Li, S.W., 1985. Effect of heavy metal and other inorganic ions on soil microbial activity: Soil dehydrogenase assay as a simple toxicity test. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 34, 858 – 865.
15. Ruf, A., Beck, L., Dreher, P., Hund-Rinke, K., Rombke, J., Spelda, J., 2003. A biological classification concept for the assessment of soil quality: biological soil classification scheme (BBSK). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98, 263–271.
16. Aşkın, T., Kızılkaya, R. 2006b. Assessing spatial variability of soil enzyme activities in pasture topsoils using geostatistics. *European Journal of Soil Biology* 42, 230-237.

17. Ling, D.J., et al., 2010. Impacts of simulated acid rain on soil enzyme activities in a latosol. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73, 1914–1918.
18. Kızılkaya, R., 2008. Dehydrogenase activity in *Lumbricus terrestris* casts and surrounding soil affected by addition of different organic wastes and Zn. *Bioresource Technology* 99, 946–953.
19. Ryoichi, D., Senaratne, L.R., 2009. Soil dehydrogenase in a land degradation-rehabilitation gradient: observations from a savanna site with a wet/dry seasonal cycle. *Revista De Biologia Tropical* 57, 223–234.
20. Lenhard, G., 1956. The dehydrogenase activity in soil as a measure of the activity of soil microorganisms. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 73, 1–11.
21. Skujins, J., 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bulletins from the Ecological Research Communication (Stockholm)* 17, 235–241.
22. Alef, K., 1995. Dehydrogenase activity. In: Alef, K., Nannipieri, P. (Eds.), *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego, California, pp. 228–231.
23. Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., 1997. Potential use of dehydrogenase activity as an index of microbial activity in degraded soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 28, 123–134.
24. Kızılkaya, R., Hepşen, Ş. 2007. Microbiological properties in earthworm *Lumbricus terrestris* L. cast and surrounding soil amended with various organic wastes. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 38, 2861-2876.
25. Bouyoucos GJ. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43, 435–438.
26. Tisdall J.M., Oades J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 62, 141–163.
27. Nearing, M.A., 1995. Compressive strength for an aggregated and partially saturated soil. *Soil Science Society America Journal* 59, 35–38.
28. Pepper, I.L., Gerba, C.P., Brendecke, J.W., 1995. *Environmental microbiology: a laboratory manual*. Academic Press Inc. New York, USA.
29. Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., 2005. The effects of landscape attributes and plant community on soil physical properties in rangelands. *Geoderma* 125, 145-154.
30. McIntosh, P.D., Lynn, I.H., Johnstone, P.D., 2000. Creating and testing a geometric soil-landscape model in dry steeplands using a very low sampling density. *Australian Journal of Soil Research* 38, 101-112.
31. Power, J.F., Sandoval, F.M., Ries R.E., Merrill, S.D., 1981. Effects of Topsoil and Subsoil Thickness on soil water content and crop production on a disturbed soil. *Soil Science Society America Journal* 45, 124-129
32. Gerrard, A.J., 1981. *Soils and Landforms: An Integration of Geomorphology and Pedology*, London: George Allen and Unwin 219 pp.
33. *Soil Quality Test Kit Guide*, 1999. Soil Quality Test Kit Guide, USDA Agricultural Research Service. National Conservation Service. Soil Quality Institute. Washington D.C, USA.
34. Qian, W., Zhao, X.R., Chen, H.W., Tua, D., Lin, Q., 2004. Distribution characteristics of microbial biomass carbon in different soil aggregates in semi-arid area. *Scientia Agricultura Sinica* 37(10), 1504–1509.
35. Casida, L.E., Klein, D., Santoro, T., 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Science* 98, 371–376.

36. Zaman, M., Cameron, K.C., Di, H.J., Inubushi, K., 2002. Changes in mineral N, microbial and enzyme activities in different soil depths after applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 63, 275–290.

37. Furczak, J., Joniec, J., 2007. Changes in biochemical activity of podzolic soil under willow culture in the second year of treatment with municipal–industrial sewage sludge. *International Agrophysics of Polish Academy of Sciences* 21, 145–152.

#### ТҮЙІН

Зерттеудің негізгі мақсаты орман топырақтарында жер бедері мен микроагрегаттық құрамына байланысты дегидрогеназа белсенділігінің өзгеруін айқындау болды. Зерттеу жұмысы Түркияның Самсун қаласы қоджада ауданында жүргізілді. Топырақ үлгілері зерттелетін ландшафттың бес нүктесінен алынды, яғни тау беткейінен, баурайынан, 1-ші құлама, 2-ші құламадан және тау етегінен алынды. Топырақ құрғақтай елеу әдісімен алты фракцияға бөлінді, осы фракцияларда дегидрогеназа белсенділігі анықталды. Жер бедері микроагрегаттық фракция мөлшеріне және агрегаттарда дегидрогеназа белсенділігіне анықталды. Жер бедері микроагрегаттық фракция мөлшеріне және агрегаттарда дегидрогеназа белсенділігіне жер ететінін зерттеу нәтижелері көрсетті. Зерттелетін жер телімдерінен алынған барлық топырақ үлгілерінде микроагрегаттардың мөлшері > 6,3 мм және 2,00-4,75 мм фракцияларына қарағанда жоғарырақ болды тау баурайын қоспағанда барлық жер телімдерінде, басқа фракцияларына қарағанда < 1 мм фракциясының микроагрегаттарында дегидрогеназа белсенділігі жоғары болды.

#### SUMMARY

This article describes research on determining the changes dehydrogenase activity in the natural development of macro aggregates development along a slope in forest soils. This study was carried out in Kocadag, Samsun, Turkey. Four landscape positions i.e., summit, shoulder back slope and foot slope, were selected. For each landscape position, soil macro aggregates were separated into six aggregate size classes using a dry sieving method and then dehydrogenase activity was analyzed.

In this research, topography influenced the macro aggregate size and dehydrogenase activity within the aggregates. At all landscape positions, the contents of macro aggregates (especially > 6.3 mm and 2.00–4.75 mm) in all soil samples were higher than other macro aggregate contents. In foot slope position, the soils had generally the higher dehydrogenase activity than the other positions at all landscape positions. In all positions, except for shoulder, dehydrogenase activity was greater macro aggregates of <1 mm than in the other macro aggregate size.