

DOI: 10.5281/zenodo.4320008

УДК: 630\*114.354(477.8)

## КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ ГУМУСА С АГРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОВЕРХНОСТНО-ОГЛЕЕННОЙ ПОЧВЫ ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

*Олег ГАВРИШКО, Юрий ОЛИФИР,  
Анна ГАБРИЕЛЬ, Татьяна ПАРТИКА*

**Abstract.** The method of processing statistical data consists in comparing correlation coefficients between one or many pairs to establish correlation relationships between them. In the conditions of a classical stationary experiment, the correlation between humus and agrochemical indicators of light gray forest surface-gleyed soil was investigated during a long-term agricultural use in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The experiment was established in 1965 with different doses and ratios of mineral fertilizers, farmyard manure and lime. The results showed that correlation coefficient between the content of humus and easily hydrolyzable nitrogen (N) is paired ( $r = 0.958-0.997$ ). It has been proved that with prolonged application of only mineral fertilizers ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ) a connection between humus, nitrogen, and mobile phosphorus ( $P_2O_5$ ) is observed at a level of  $r = 0.989-0.775$ . However, in variants where along with mineral and organic fertilizers 1.0 and 1.5 doses of  $CaCO_3$  were applied according to hydrolytic acidity, even closer links are observed between humus, N and  $P_2O_5$ , while the correlation coefficient is 0.906-0.954. At the same time, close correlation between the content of humus and exchange potassium ( $K_2O$ ) in light gray forest surface-gleyed soil in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine has not been established.

**Key words:** Soil; Humus; Correlation; Nitrogen; Phosphorus; Potassium; Lime; Farmyard manure; Mineral fertilizers.

**Реферат.** Метод обработки статистических данных заключается в сравнении коэффициентов корреляции между одной или многими парами для установления между ними корреляционных связей. На базе классического стационарного опыта исследовали корреляционную связь гумуса с агрохимическими показателями светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы при длительном сельскохозяйственном использовании в условиях Западной Лесостепи Украины. Опыт был заложен в 1965 г. с использованием разных доз и соотношений минеральных удобрений, навоза и извести. Установлено, что коэффициент корреляционной зависимости между содержанием гумуса и легкогидролизуемого азота (N) является парным ( $r = 0,958-0,997$ ). Доказано, что при длительном внесении только минеральных удобрений ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ) наблюдается связь между гумусом, азотом и подвижным фосфором ( $P_2O_5$ ) на уровне  $r = 0,989-0,775$ . Однако, на вариантах, где наряду с минеральными и органическими удобрениями были внесены 1,0 и 1,5 дозы  $CaCO_3$  по гидролитической кислотности, прослеживаются еще более тесные связи между гумусом, N и  $P_2O_5$ . При этом коэффициент корреляционной зависимости составил 0,906-0,954. Вместе с тем тесных корреляционных связей между содержанием гумуса и обменного калия ( $K_2O$ ) в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве в условиях Западной Лесостепи Украины не установлено.

**Ключевые слова:** Почва; Гумус; Корреляция; Азот; Фосфор; Калий; Известь; Навоз; Минеральные удобрения.

### ВВЕДЕНИЕ

Корреляционный анализ является методом обработки статистических данных, который заключается в изучении коэффициентов корреляции между переменными. При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или многочисленными парами признаков для установления между ними статистических взаимосвязей (Чичуліна, К. В. 2012; Ditlevsen, O. 2003).

Основным источником элементов питания для формирования урожая является гумус, от запасов и качества которого зависит структура почвы, ее водные и физические свойства, поглощающая способность и ферментативная активность (Господаренко, Г. М. 2015; Веремеенко, С. И., Фурманец, О. А. 2014). Оценка содержания и запасов питательных элементов, их перераспределение в почве, в частности по профилю позволяют не только выяснить реально доступный фонд питательных элементов почвы для растений, но и определить их биогенную аккумуляцию, пути миграции в ландшафте и участие в биологическом круговороте веществ. Данный факт является особенно актуальным для повышения эффективности агропромышленного производства, которое должно реализовываться с учетом изменения плодородия почв (Веремеенко, С. И., Фурманец, О.А. 2014; Носко,

Б. С. 2013). Поэтому между содержанием гумуса и величиной содержания основных элементов питания в почве, существует определенная зависимость или корреляционная связь (Малієнко, А. М. et al. 2018; Вергунова, І. М. 2000; Ушкаренко, В. А. et al. 2011).

Польза корреляций в том, что они могут указывать на отношение, которое может носить предсказуемый характер и поэтому иметь практическое применение (Царенко, О. М. et al. 2000; Бережная, Е. В., Бережной, В.И. 2001; Мешалкина, Ю. Л., Самсонова, В.П. 2008; Єщенко, В. О. et al. 2014). Корреляция не дает точной взаимосвязи между двумя признаками, а определяет только степень изменчивости одной от другой (Доспехов, Б. А.1985).

По данным «Статистического ежегодника Украины-2003», обычно одной только корреляции недостаточно для того, чтобы сделать вывод о существовании причинно-следственной связи, что часто формулируют фразой «корреляция не означает причинности». Во многих случаях, когда достоверно известно, что зависимость существует, корреляционный анализ может не дать результатов вследствие того, что зависимость нелинейная. Факт корреляционной зависимости не позволяет утверждать, какая именно из переменных является причиной изменений, или переменные причинно связаны между собой (Чичуліна, К. В. 2012).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование корреляционной связи гумуса с агрохимическими показателями светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы в условиях Западной Лесостепи Украины изучали в течение 2016-2018 гг. на базе длительного стационарного опыта Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН. Опыт был заложен еще в 1965 г. с разными дозами и соотношениями минеральных удобрений, навоза и извести и согласно аттестату регистрации НААН № 29 включен в реестр долгосрочных стационарных полевых опытов Национальной академии аграрных наук Украины.

Стационарный опыт размещен в пространстве на трех полях, каждое из которых насчитывает 18 вариантов в трехкратном повторении. Расположение вариантов одноярусное, последовательное. Общая площадь участка составляет 168 м<sup>2</sup>, учетная – 100 м<sup>2</sup>. Севооборот четырёхпольный с таким чередованием культур: кукуруза на силос – ячмень яровой с подсевом клевера лугового – клевер луговой – пшеница озимая. Агротехника выращивания культур, обработка почвы и уход за посевами общепринятые для условий зоны Лесостепи Западной.

Пахотный слой почвы 0–20 см перед закладкой опыта характеризовался следующими усредненными исходными физико-химическими и агрохимическими показателями плодородия: содержание гумуса (по Тюрину) составило 1,42 %, рН<sub>KCl</sub> - 4,2, гидролитическая кислотность (по Каппену) - 4,5, обменная (по Соколову) - 0,6 мг-экв/100 грамм почвы. Содержание подвижного алюминия насчитывало 60,0 мг/кг почвы, сумма обменных оснований составляет 3,4 мг-экв/100 грамм почвы, содержание кальция 2,2 мг-экв/100 грамм почвы, подвижного фосфора (по Кирсанову) и обменного калия (по Масловой) - соответственно 36,0 и 50,0 мг/кг почвы.

Представленные исследования выполнялись на вариантах без удобрений (контроль) (вар. 1); N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + 10 т/га навоза + СаСО<sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7); N<sub>105</sub>P<sub>101</sub>K<sub>101</sub> + 10 т/га навоза + СаСО<sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 12); N<sub>30</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> + 15 т/га навоза + СаСО<sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13); и при внесении только минеральных удобрений N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> (вар. 15). Для сравнения и более полного изучения корреляционной связи между показателями при разной сельскохозяйственной нагрузке были заложены дополнительные разрезы под лесным массивом и на перелог.

Пробы почвы отбирали и готовили к анализам по ГОСТ 4287: 2004 и ИСО 11464-2001. Аналитические исследования проводили в сертифицированной агрохимической лаборатории Института СХКР НААН, а именно: гумус – по методу Тюрина (ДСТУ 4732-2007); легкогидролизуемый азот (N) – по Корнфилду (ДСТУ 7863: 2015); подвижный фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и обменный калий (K<sub>2</sub>O) – по Чирикову в вытяжке 0,5 н СН<sub>3</sub>СООН (ДСТУ 4115-2002). Математическую обработку результатов исследований осуществляли дисперсионным и корреляционно-регрессионным методом за Доспеховым и Єщенком (Доспехов, Б. А. 1985; Єщенко, В. О. et al. 2014) с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результатами исследований установлено, что в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве в условиях периодически промывного типа водного режима (Назарук, М. М. 2018; Позняк, С. П. 2020) под лесом содержание общего гумуса было самое высокое в гумусово-элювиальном горизонте HEgl и составляло – 2,07 %. С возрастающей глубиной его количество резко снижается к 0,22 % (Pgl). На перелог содержание гумуса в профиле почвы ниже по сравнению с лесом и составляет 1,74–0,19 % (табл. 1).

**Таблица 1.** Агрохимические свойства генетических горизонтов светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы под лесом и перелогом

Генетические горизонты	Глубина отбора пробы, см	Гумус, %	Легкогидролизуемый азот (N)	Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Обменный калий (K <sub>2</sub> O)
				по Чирикову	
			мг/кг почвы		
1	2	3	4	5	6
Лес					
HEgl	5–26	2,07	109,2	29,0	90,0
Ehgl	27–47	1,23	33,6	50,0	38,8
Iegl	48–64	0,53	15,4	60,0	40,0
Igl	65–96	0,33	11,2	15,9	80,0
Ipgl	97–122	0,29	11,0	35,0	85,0
Pigl	123–150	0,26	9,8	53,0	87,5
Pgl	151–173	0,22	8,4	20,2	80,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,70	28,4	37,6	71,6
$S_{\bar{x}}$		0,26	13,9	6,4	8,4
$V, \%$		99,0	129,3	45,4	31,2
$S$		0,70	36,7	17,1	22,3
НСР <sub>05</sub>		0,91	48,03	22,35	29,22
Перелог					
HEgl	5–30	1,74	100,6	50,0	117,0
Ehgl	31–40	0,46	23,8	47,0	41,0
Iegl	41–61	0,41	15,4	38,0	75,0
Igl	62–102	0,28	18,2	41,0	75,0
Ipgl	103–129	0,21	12,6	99,0	30,0
Pigl	130–150	0,26	18,2	74,0	72,0
Pgl	151–180	0,19	14,0	114,0	105,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,51	29,0	66,1	73,6
$S_{\bar{x}}$		0,21	12,0	11,4	11,8
$V, \%$		109,0	109,7	45,7	42,4
$S$		0,55	31,8	30,2	31,2
НСР <sub>05</sub>		0,72	41,64	39,59	40,86

Примечание:  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$  – доверительный интервал (среднее) 95% вероятности;  $S_{\bar{x}}$  – погрешность среднего значения;  $V, \%$  – коэффициент вариации (показатель изменчивости числового ряда);  $S$  – стандартное отклонение.

Проведенными исследованиями установлено, что длительное внесение на ясно-серой лесной почве половинной дозы минеральных удобрений ( $N_{30}P_{34}K_{34}$ ) на фоне 15 т/га севооборотной площади навоза и 1,5 дозы извести по гидролитической кислотности (вар. 13) способствовало трансформации ее гумусного состояния по сравнению с контролем без удобрений (вар. 1). При этом содержание гумуса возросло на 0,39%, легкогидролизующего азота на 7,8 мг/кг почвы, а содержание подвижного фосфора и обменного калия увеличилось соответственно на 109,5 и 24,0 мг/кг почвы. При внесении на исследуемой почве полторы дозы минеральных удобрений ( $N_{105}P_{101}K_{101}$ ) + 10 т/га навоза +  $CaCO_3$  (1,0 Нг) (вар. 12) показатель содержания гумуса в горизонте HEgl/пах составлял 1,85% (табл. 2).

Очень эффективной с точки зрения накопления гумуса и стабилизации его содержания в почве является органо-минеральная система удобрения с внесением  $N_{65}P_{68}K_{68}$ , 10 т/га севооборотной площади навоза на фоне известкования  $CaCO_3$  (1,0 Нг) (вар. 7). Содержание гумуса в пахотном слое при этом повысилось до 1,90%, что на 0,42 % выше контроля. Следует отметить, что при такой системе удобрения наблюдается высокое содержание гумуса по профилю всех опытных вариантов (доверительный интервал – 0,92%). При длительном применении минеральной системы удобрения на протяжении 50 лет (вар. 15) показатель гумуса в почве к концу девятой ротации вырос всего на 0,09% в горизонте HEgl/пах и 0,05% в горизонте HEglп/пах постепенно снижаясь до 0,31% в материнской сильно глеевой породе (PIgl) (табл. 2).

Важным фактором плодородия почвы является содержание в ней легкорастворимых питательных соединений азота, фосфора и калия. Характеризуя распределение основных элементов питания в профиле, как в случае с гумусом, следует отметить, что на всех вариантах отмечается резкое снижение количества легкогидролизующего азота (N) с глубиной (табл. 1). Это можно объяснить наличием парной корреляционной зависимости между содержанием органического вещества и легкогидролизующего азота в верхних горизонтах почвы (табл. 3).

**Таблица 2.** Агрохимические свойства генетических горизонтов светло-серой лесной поверхностно-ogleенной почвы при разных уровнях удобрения и периодического известкования в длительном опыте

Генетические горизонты	Глубина отбора пробы, см	Гумус, %	Легкогидролизующий азот (N)	Подвижный фосфор ( $P_2O_5$ )	Обменный калий ( $K_2O$ )
				по Чирикову	
				мг/кг почвы	
1	2	3	4	5	6
Без удобрений (контроль) (вар. 1)					
HEgl/пах.	0–18	1,48	86,0	41,0	56,0
HEglп/пах.	19–31	1,40	75,6	34,0	38,0
Ehgl	32–64	0,48	19,6	50,0	37,0
Iegl	65–110	0,28	15,4	11,0	95,0
Igl	111–131	0,28	14,0	53,0	69,0
IPgl	132–180	0,47	10,5	71,0	31,0
PIgl	181–200	0,26	11,2	96,0	67,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,66	33,2	50,9	56,1
$S_{\bar{x}}$		0,20	12,4	10,3	8,6
V, %		81,0	98,8	53,4	40,6
S		0,54	32,8	27,1	22,8
HCP <sub>05</sub>		0,70	42,96	35,54	29,87
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + 10 т/га навоза + $CaCO_3$ (1,0 Нг) (вар. 7)					
HEgl/пах.	0–20	1,90	107,8	166,5	117,5
HEglп/пах.	21–35	1,61	85,4	110,0	72,5

Ehgl	36–55	0,83	44,8	66,5	44,5
Iegl	56–81	0,64	29,4	41,0	78,8
Igl	82–150	0,55	28,0	51,5	93,8
IPgl	151–193	0,51	25,2	44,5	90,0
PIgl	194–215	0,40	22,4	56,0	77,5
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,92	49,0	76,6	82,1
$S_{\bar{x}}$		0,22	12,8	17,4	8,4
V, %		64,3	69,2	60,0	27,2
S		0,59	33,9	45,9	22,3
HCP <sub>05</sub>		0,77	44,41	60,14	29,24
N <sub>105</sub> P <sub>101</sub> K <sub>101</sub> + 10 т/га навоза + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 12)					
HEglпах.	0–20	1,85	91,0	196,5	118,0
HEglп/пах.	21–33	1,57	77,6	141,0	75,0
Ehgl	34–51	0,53	22,4	51,5	35,0
Iegl	52–77	0,50	16,8	27,5	75,0
Igl	78–138	0,31	11,2	24,5	90,0
IPgl	139–187	0,29	14,0	14,5	80,0
PIgl	188–210	0,26	12,6	63,8	77,5
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,76	35,1	74,2	78,6
$S_{\bar{x}}$		0,25	12,9	25,9	9,3
V, %		87,4	97,0	92,5	31,2
S		0,66	34,0	68,6	24,5
HCP <sub>05</sub>		0,87	44,57	89,87	32,13
N <sub>30</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub> + 15 т/га навоза + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13)					
HEglпах.	0–18	1,87	93,8	150,5	80,0
HEglп/пах.	19–30	1,54	71,4	141,0	70,5
Ehgl	31–51	0,70	42,0	75,5	37,5
Iegl	52–73	0,64	25,2	44,0	87,5
Igl	74–121	0,61	23,8	51,5	82,5
IPgl	122–190	0,57	14,0	97,5	87,5
PIgl	191–210	0,44	29,4	41,0	80,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,91	42,8	85,9	75,1
$S_{\bar{x}}$		0,21	11,0	17,2	6,6
V, %		61,2	68,1	53,0	23,4
S		0,56	29,2	45,5	17,5
HCP <sub>05</sub>		0,73	38,18	59,55	22,97
N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub> (вар. 15)					
HEglпах.	0–22	1,57	89,6	107,0	50,0
HEglп/пах.	23–35	1,45	82,6	96,0	60,0
Ehgl	36–61	0,63	25,2	60,0	35,0
Iegl	62–87	0,37	19,6	38,0	90,0

Igl	88–150	0,26	14,0	90,0	76,0
IPgl	151–180	0,21	17,5	29,0	74,0
PIgl	181–200	0,31	19,6	35,0	74,0
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ (среднее)		0,69	38,3	65,0	65,6
$S_{\bar{x}}$		0,22	12,4	12,2	7,0
V, %		84,6	85,9	49,9	28,2
S		0,58	32,9	32,4	18,5
НСР <sub>05</sub>		0,76	43,06	42,44	24,24

**Таблица 3.** Корреляционная связь гумуса с агрохимическими показателями в профиле светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы под лесом, на перелог и при различных системах удобрения в длительном опыте

Вариант	Легко-гидролизуемый азот (N)	Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Обменный калий (K <sub>2</sub> O)
		по Чириковым	
Лес	0,958	0,023	-0,069
Перелог	0,992	-0,373	0,560
Без удобрений (контроль) (вар. 1)	0,985	-0,319	-0,398
N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub> + 10 т/га навоза + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7)	0,997	0,952	0,343
N <sub>105</sub> P <sub>101</sub> K <sub>101</sub> + 10 т/га навоза + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 12)	0,997	0,954	0,469
N <sub>30</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub> + 15 т/га навоза + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13)	0,961	0,906	-0,041
N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub> (вар. 15)	0,989	0,775	-0,554

Следует отметить, что соединения подвижного фосфора в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве длительного стационарного опыта характеризуются малой подвижностью, активным поглощением и низкой степенью использования. В почве под лесом и перелогом в результате подзолистого процесса почвообразования и периодически промывного водного режима наблюдается нисходящая миграция и уменьшение P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в горизонтах Igl и повышение в Pgl (табл. 1). Такое распределение кривых подвижного фосфора по профилю характерно и для других вариантов с различными антропогенными нагрузками, однако его количество в верхних гумусовых слоях выше за счет включения севооборотного фактора и удобрений (табл. 2).

Установлено, что систематическое внесение органических, минеральных удобрений и известки обогащает калийный фонд в профиле почвы. Поэтому при органо-минеральной системе удобрения на фоне известкования содержание K<sub>2</sub>O было выше, чем в лесу, на перелог и в опыте на контроле без удобрений (табл. 1).

Как упоминалось выше коэффициент корреляционной зависимости (парный) между содержанием гумуса и агрохимическими показателями в профиле светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы свидетельствуют о тесной связи между гумусом и легкогидролизуемым азотом во всех вариантах опыта ( $r = 0,958-0,997$ ). При длительном внесении одних минеральных удобрений N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> (вар. 15) наблюдается тесная связь между содержанием гумуса и подвижного фосфора ( $r = 0,775$ ). Однако, по вариантам опыта, где наряду с минеральными и органическими удобрениями были внесены 1,0 и 1,5 дозы CaCO<sub>3</sub> по Нг (вар. 7, 12, 13), прослеживается еще более тесная связь между гумусом и подвижным фосфором. При этом коэффициент корреляционной зависимости составляет 0,906–0,954. По нашему мнению, это связано именно с влиянием известкования как на гумусно-аккумуляционные процессы, так и на увеличение количества подвижных

форм фосфора за счет преобразования фосфатов алюминия и железа в фосфаты кальция. По результатам исследований тесных корреляционных связей между содержанием гумуса и  $K_2O$  в светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве в условиях Западной Лесостепи Украины нами не установлено (табл. 3). Очевидно, это связано со слабым закреплением катиона калия в почвенном поглощающем комплексе, вследствие чего калий становится легкодоступным не только для растений, но и для миграции.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные результаты исследований в длительном стационарном опыте свидетельствуют о том, что при органо-минеральной системе удобрения с внесением оптимальных доз минеральных и органических удобрений, в частности  $N_{65}$ ,  $P_{68}$ ,  $K_{68}$ , навоза – 10 т/га севооборотной площади, на фоне известкования 1,0 нормой  $CaCO_3$  по гидролитической кислотности, обеспечиваются оптимальные условия для повышения содержания гумуса. Наряду с этим улучшаются физико-химические и агрохимические свойства светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы Западной Лесостепи Украины. При этом корреляционная связь в вариантах с удобрением между гумусом, легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором является парной. В случае с обменным калием вследствие незначительного закрепления его в почвенном поглощающем комплексе этой зависимости не наблюдается.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БЕРЕЖНАЯ, Е.В., БЕРЕЖНОЙ, В.И. (2001). Математические методы моделирования экономических систем: Учебное пособие. Москва: Финансы и статистика. 368 с. ISBN 5-279-02291-8.
2. ВЕРГУНОВА, І.М. (2000). Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ: Нора-прінт. 146 с.
3. ВЕРЕМЕЕНКО, С.И., ФУРМАНЕЦ, О.А. (2014). Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы Западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования. In: Почвоведение, № 5, С. 602–610.
4. ГОСПОДАРЕНКО, Г.М. (2018). Агрохімія. Київ: СІК ГРУП Україна. 560 с. ISBN 978-617-7457-47-2.
5. ДОСПЕХОВ, Б.А. (1985). Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат. 351 с.
6. ЄЩЕНКО, В. О. та ін. (2014). Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К. 331 с. ISBN 978-966-2462-57-9
7. МАЛІЄНКО, А.М., БОРИС, Н.Є., БУСЛАЄВА, Н.Г. (2018). Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві. In: Землеробство, Вип. 1, С. 38–44.
8. МЕШАЛКИНА, Ю.Л., САМСОНОВА, В.П. (2008). Математическая статистика в почвоведении. Москва: МАКС Пресс. 84 с. ISBN 978-5-317-02231-0.
9. НАЗРУК, М.М. (2018). Львівська область: природні умови та ресурси. Львів: Видавництво Старого Лева. 592 с. ISBN 978-617-679-652-7.
10. НОСКО, Б.С. (2013). Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агро-екосистемах. Харків: Міськдрук. 130 с. ISBN 978-617-619-093-6.
11. ПОЗНЯК, С.П. (2020). Ґрунти Львівської області : колективна монографія. Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка. 424 с. ISBN 978-617-10-0535-8.
12. СТАТИСТИЧНИЙ ЩОРІЧНИК УКРАЇНИ-2003 (2004). Киев: Консультант. 632 с.
13. УШКАРЕНКО, В.А. и др. (2011). Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве. Москва: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. 335 с. ISBN 978-5-9675-0527-0.
14. ЦАРЕНКО, О.М., ЗЛОБІН, Ю.А., СКЛЯР, В.Г. (2000). Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми: Видавництво «Університетська книга». 203 с. ISBN 966-7550-25-7.
15. ЧИЧУЛІНА, К.В. (2012). Кореляційний зв'язок в економіко-математичних моделях. In: Наукові праці Полтавської державної аграрної академії, № 1(4), Т. 3, С. 250–255.
16. DITLEVSEN, O., MADSEN, H.O. (2003). Structural reliability methods. Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark, Maritime Engineering. Denmark: Lyngby, 351 p. ISBN 0-471-96086-1.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**ГАВРИШКО Олег Степанович**  <https://orcid.org/0000-0002-5458-0691>  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины  
*E-mail:* havryshko0@gmail.com

**ОЛИФИР Юрий Николаевич**  <https://orcid.org/0000-0002-7920-1854>  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии, Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины  
*E-mail:* olifir.yura@gmail.com

**ГАБРИЕЛЬ Анна Иосафатовна**  <https://orcid.org/0000-0003-4379-3269>  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии, Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины  
*E-mail:* gabriel.annay@gmail.com

**ПАРТИКА Татьяна Владимировна**  <https://orcid.org/0000-0001-7912-5292>  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины  
*E-mail:* tetyana.partyka@gmail.com

Data prezentării articolului: 09.06.2020

Data acceptării articolului: 03.08.2020