

2. Плодородие почв и применение удобрений

3. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
5. Рациональное применение удобрений: пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И.Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2002. – 324 с.
6. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 28 с.

EFFECTIVENESS OF MICROFERTILIZERS ELEGUM IN WINTER WHEAT AND BARLEY CULTIVATION ON SOD-PODZOLIC SOILS

**M.V. Rak, V.V. Lapa, G.A. Sokolov,
S.A. Titova, T.G. Nikolaeva, E.N. Pukalova**

Summary

In field experiments on sod-podzolic soils with winter wheat and barley the effectiveness of various kinds and dozes of liquid two component complex microfertilizers EleGum has studied.

Поступила 29.04.13

УДК 631.416.9:631.445.2

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СКЛОНОВЫХ ПОЧВ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Н.Н. Мирошниченко¹, А.В. Тертышная¹, А.В. Панасенко²

*¹Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А.Н.Соколовского», г. Харьков, Украина*

*²Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

По экспертным оценкам, в различных физико-географических регионах Украины до 30–60 % сельскохозяйственных угодий расположены на склонах [1]. Среди склоновых почв выделяют как несмытые почвы (ксероморфные) со слабо развитым профилем, так и смытые (эродированные) с утра-ченным верхним, наиболее плодородным слоем. Из-за особенностей распределения воды, тепла, растительности склоновое почвообразование имеет ряд специфических характеристик, которые находят отражение в физико-химических, агрохимических

и иных свойствах [2–3]. Это в полной мере относится и к формированию микроэлементного состава этих почв. Уменьшение гумусонакопления, как правило, сопровождается меньшей аккумуляцией биофильных элементов, а приближение к по-верхности карбонатного горизонта ухудшает их подвижность и доступность растениям [4]. Однако четких количественных закономерностей изменения микроэлементного состава с переходом от пла-корных почв к склоновым до сих пор почти не обнаружено. Вероятной причиной этого является зависимость общей направленности процессов перераспределения элементов от зональных условий почвообразования, кислотно-основной и окислительно-восстановительной обстановки, гидротермическо-го режима склона и особенностей микрорельефа [5–6]. Вследствие этого в отличных условиях склоновых почв может наблюдаться различный и даже противоположный ход аккумулятивных и элювиальных процессов.

Задача исследований – выявить различия в обеспечении склоновых почв физиологически необходимыми микроэлементами, что позволит вносить соответствующие коррективы в зональные рекомендации по применению микроудобрений, которые до сего времени не предусматривали дифференцированного подхода к плакорным и склоновым почвам.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на трех объектах, расположенных в пределах Харьковско-Змиевского агропочвенного района юго-восточной подпровинции Левобережной Лесостепи Украины (юго-западная окраина Среднерусской возвышенности). Почвенный покров места исследований представлен целым рядом разновидностей, от чернозема типичного глубокого до темно-серой оподзоленной почвы, и в совокупности характеризует закономерности формирования микроэлементного состава на участке перехода от плакорной части до хорошо развитой овражно-балочной системы в пределах транселювиального геохимического ландшафта. Все исследования проводили на почвах, находящихся в обработке.

На территории почвенно-экологического полигона «Люботинский» (терраса реки Люботинка) почвенные разрезы располагались по трансекте пологого (от 2° до 4°) склона юго-восточной экспозиции с преобладанием темно-серых оподзоленных почв на лессовидных суглинках. На объекте «Роганская балка» опорные разрезы были расположены по трансекте пологого (от 2° до 7°) склона юго-западной экспозиции с преобладанием черноземов оподзоленных. На каждом из упомянутых объектов было заложено по 3 опорных разреза в наиболее типичном месте верхней, средней и нижней части трансекты, почвенные пробы отбирали по генетическим горизонтам.

На объекте «Балка Яблочная» изучали пространственное распределение микроэлементов в пахотном слое почвы на поле общей площадью 108 га, расположенном на склоне 2–5° от восточной и юго-восточной экспозиции, в почвенном покрове преобладают черноземы оподзоленные с переходом в темно-серые

2. Плодородие почв и применение удобрений

оподзоленные почвы различной степени эродированности. Детальное обследование этого земельного выдела проводили по регулярной сети 100 × 150 м, закладывая пробные делянки 5 × 5 м для отбора смешанных почвенных и растительных проб.

В почвенных пробах определяли содержание подвижных форм микроэлементов по Крупскому и Александровой (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8) атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Сатурн, гумус – по Тюрину, легкогидролизуемый азот – по Корнфилду, pH солевой вытяжки – по ГОСТ 26423, гранулометрический состав по Качинскому, минералогический состав илистой части, выделенной по Горбунову, – рентгендифрактометрическим методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические свойства почв пологих склонов лесостепной зоны отображают различное соотношение процессов выщелачивания, лессиважа и аккумуляции в зависимости от местоположения в ландшафте, уклона поверхности, экспозиции и формы профиля склона, материнской породы и других факторов почвообразования. Это проявляется в формировании достаточно разного гумусового и карбонатного профиля, а следовательно, и в различных условиях закрепления микроэлементов в составе органического вещества и карбонатов. Известно, что распашка черноземов привела к усилению подвижности и снижению количества карбонатов в профиле почвы. Однако в современных пахотных почвах оподзоленного ряда отмечено очень быстрое восстановление карбонатного профиля: за 1–3 года залежи карбонатов могут подтягиваться к поверхности даже ближе, чем в целинных аналогах [7]. Н. Кухарук с соавторами отмечает, что при длительном сельскохозяйственном использовании темно-серые оподзоленные почвы на карбонатных лессовидных суглинках характеризуются разнонаправленными изменениями. Уменьшается проявление «присыпки» на гранях агрегатов, подтягиваются к поверхности карбонаты, подщелачивается нижняя часть профиля, расширяется соотношение СГК : СФК, что является признаками сближения с черноземами. Наряду с этим, отмечается усиление подвижности гумуса, ухудшение структуры верхних горизонтов и их дегумификация, что свидетельствуют об обратном [8]. Аналогичные процессы наблюдаются и в объектах наших исследований. Установлено, что в пахотных темно-серых оподзоленных почвах и в черноземах оподзоленных в летний период наблюдается наличие «подвешенного» (т. е. без связи с карбонатами материнской породы) карбонатного слоя. Мощность и глубина залегания этого слоя оказалась различной. В темно-серых оподзоленных почвах объекта «Люботинка» в почве верхней части склона глубина залегания карбонатов составляла около 50 см, что совпадает с иллювиальным горизонтом и в дальнейшем переходит в окаربоначенный лессовидный суглинок (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение подвижных форм микроэлементов по профилю
черноземов оподзоленных в различных частях пологого склона**

Часть склона/форма	Горизонт	Глубина, см	Вскипание	pH _{соп.}	C _{орг.} , %	Физ. глина, %	Содержание подвижных форм микроэлементов, мг/кг			
							Zn	Co	Cu	Mn
Верхняя часть/ выпуклая	A	0–34	+	7,20	2,57	34,9	0,20	0,21	0,10	1,60
	AB	34–59	+	7,40	2,00	44,2	0,17	0,23	0,35	5,97
	B	59–79	+	7,45	0,85	40,5	0,35	0,25	0,38	18,4
	BC	79–105	–	6,55	0,25	56,0	0,62	0,23	0,74	16,8
Средняя часть/ прямая	A	0–31	–	5,60	2,27	60,9	0,74	0,92	0,50	45,1
	AB	31–50	–	5,85	1,85	59,9	0,18	0,93	0,48	34,0
	B	50–79	+	7,40	1,32	65,6	0,38	0,91	0,51	23,8
	BC	79–105	–	6,00	0,40	53,5	0,50	0,84	0,17	38,3
Нижняя часть/ вогнутая	A	0–26	–	5,80	2,10	56,5	2,13	0,90	0,78	78,3
	AB	26–46	+	7,10	1,62	54,2	4,76	0,73	0,78	7,7
	B	46–80	–	5,45	0,52	57,7	1,97	0,66	1,19	11,7

В темно-серой почве средней части склона карбонатный слой отмечается с 30 см, хотя он уже не имеет связи с морфологическим горизонтом накопления карбонатов, а в почве нижней части склона вскипание от HCl наблюдается уже с поверхности. Мощность гумусированного профиля почвы также уменьшается в направлении от верхней к нижней части склона, что может быть связано с усилением эродированности при постепенном приобретении потоком способности к размыванию. Аналогичную закономерность уменьшения глубины вскипания в средне- и сильноэродированных серых лесных почвах также отмечает В.Г. Гаськевич с соавторами [9]. Вследствие приближения водорастворимых карбонатов к поверхности в почвах верхней части склона наблюдается наибольшая актуальная, обменная и гидролитическая кислотность. Это, в свою очередь, способствует большему выщелачиванию катионогенных микроэлементов из верхнего слоя почвы и их дальнейшей латеральной миграции. Гранулометрический состав исследуемых почв свидетельствует также о возможном переносе тонкодисперсного материала, содержание которого в пахотном слое имеет тенденцию к увеличению в нижней части склона.

2. Плодородие почв и применение удобрений

В черноземах оподзоленных объекта исследований «Роганская балка» также выявлено наличие «подвешенного» слоя накопления водорастворимых карбонатов, но наблюдается обратный порядок изменения глубины его залегания (табл. 2). В верхней части склона вскипание от HCl диагностируется во всем гумусовом профиле почвы, а pH водной вытяжки достигает 8,0. Учитывая это, а также достаточно высокое содержание гумуса, можно сделать вывод, что почва верхней части склона имеет больше признаков чернозема типичного, чем оподзоленного. Обращает на себя внимание и значительное увеличение содержания илистого материала в пахотном слое почвы нижней части склона (с 22,6 до 32,1–36,1 %). Похожие закономерности расположения линии вскипания в агрочерноземах обнаружены также Л.М. Бурлаковой с соавторами на склоновых элементах ландшафтов высокого Алтайского Приобья [10]. По их наблюдениям, независимо от экспозиции склона глубина залегания карбонатов в его верхней части была наименьшей (30–40 см), а в средней и нижней увеличивалась до 60–70 см и более.

Таблица 2

Распределение подвижных форм микроэлементов по профилю темно-серых оподзоленных почв в различных частях пологого склона

Часть склона/форма	Горизонт	Глубина, см	Вскипание	pH _{сол.}	C _{орг.} ³ , %	Физ. глина, %	Содержание подвижных форм микроэлементов, мг/кг			
							Zn	Co	Cu	Mn
Верхняя часть/выпуклая	A	0–30	–	5,00	1,97	55,9	1,38	1,51	0,86	19
	AB	30–50	–	5,00	0,52	56,6	0,51	0,29	0,62	24
	B	50–72	+	7,15	0,42	55,7	0,26	0,61	0,11	41
	BC	72–100	+	6,90	0,32	53,6	0,32	1,16	0,06	44
Средняя часть/прямая	A	0–30	–	5,90	1,25	58,4	0,87	3,07	0,13	31
	AB	30–60	+	7,25	0,62	61,5	0,84	0,34	0,42	29
	B	60–90	–	5,40	0,42	46,8	–	0,17	0,85	22
Нижняя часть/вогнутая	A	0–30	слабое	6,40	1,10	56,6	0,96	0,10	0,10	20
	AB	30–50	+	7,35	0,47	55,5	0,42	0,12	0,09	22
	B	50–85	–	5,80	0,40	55,4	0,35	0,60	0,79	25

Предыдущие исследования показали, что степень дифференциации содержания микроэлементов между генетическими горизонтами уменьшается в ряду от светло-серых до темно-серых оподзоленных почв, что связано со спецификой распределения отдельных глинистых минералов [11]. Для склоновых почв оподзоленного ряда дополнительным фактором дифференциации содержания микроэлементов является формирование щелочно-карбонатного барьера, глубина залегания которого, как показано выше, отличается для различных частей склона.

Одним из наиболее дефицитных микроэлементов для ландшафтов Лесостепи Украины является цинк, среднее содержание которого оценивают в 0,38 мг/кг (с колебаниями от 0,01 мг/кг до 4,3 мг/кг) [12]. Полученные данные свидетельствуют о значительной дифференциации склоновых почв по содержанию Zn. В карбонатном с поверхности черноземе в верхней выпуклой части склона содержание подвижных форм цинка в корнеобитаемом слое составляет 0,17–0,20 мг/кг, что значительно ниже предела низкой обеспеченности почвы для наименее требовательных культур. Следовательно, высока вероятность того, что на этой части поля растения будут ощущать дефицит данного микроэлемента. Для нижней части пологого склона, которая имеет прямо-вогнутую форму, присуще накопление цинка. Содержание подвижных форм Zn в пахотном слое в середине склона увеличивается до 0,74 мг/кг, а в нижней аккумулятивной части – до 2,1 мг/кг. Аналогичным образом изменяются и запасы прочносвязанных форм цинка, содержание которых увеличивается с 0,8–1,1 мг/кг до 6,1–8,4 мг/кг. Таким образом, вследствие перераспределения цинка в склоновых черноземах происходит их дифференциация по условиям цинкового питания растений.

Еще более контрастными оказались условия марганцевого питания растений. В верхней части исследуемого склона содержание подвижных форм этого элемента в пахотном слое составляло лишь 1,6 мг/кг, что втрое меньше верхней границы низкой обеспеченности для культур невысокого выноса. Однако в направлении нисходящего движения водных потоков количество подвижных соединений марганца увеличилось до 45 мг/кг в середине склона, в нижней части – до 78,3 мг/кг. Такую дифференциацию профиля по содержанию подвижного марганца мы связываем, прежде всего, с распределением карбонатов, в горизонтах накопления которых и наблюдаются минимумы подвижности этого элемента. Аналогичную закономерность имеет и пространственное распределение кобальта с той разницей, что общий уровень обеспеченности им почв ландшафта достаточно высокий и явлений недостатка этого микроэлемента, скорее всего, не ожидается. Горизонты концентрации Co связаны преимущественно с накоплением карбонатов, с которыми он образует вторичный минерал сферокобальтит. Накопление меди в профиле почвы наиболее тесно связано с процессами гумусонакопления, поэтому в хорошо гумусированных черноземных почвах, как правило, не наблюдается дефицита этого элемента: среднее фоновое содержание подвижных форм в почвах лесостепной зоны Украины оценивают в 0,38 мг/кг, то есть на уровне, достаточном для питания культур как с невысокой, так и с

2. Плодородие почв и применение удобрений

повышенной потребностью. Однако дифференциация склоновых почв по содержанию подвижной меди может быть настолько значительной (0,1 мг/кг – в верхней части, 0,5 мг/кг – в середине, 0,78 мг/кг – внизу склона), что заставляет критически отнестись к средним значениям для поля, которые определяют при агрохимической паспортизации земель.

На объекте «Люботинка» наблюдается четкое накопление кобальта в окисно-карбонатных горизонтах темно-серой оподзоленной почвы как верхней, так и нижней части склона. Содержание подвижной меди, напротив, значительно уменьшается в горизонтах проявления карбонатности. Подвижные цинк и кобальт больше содержались в верхнем слое почвы, а железо – в нижней части профиля. Сравнивая параметры содержания подвижных форм микроэлементов в склоновых темно-серых почвах по шкале обеспеченности И.Г. Важенина, следует отметить, что средняя и нижняя части склона, где наблюдается приближение карбонатов к поверхности, имеют значительно худшие условия питания растений такими физиологически важными элементами, как цинк и медь. Обеспеченность почвы подвижным цинком соответствует низкому, а подвижной медью – среднему уровню даже для культур невысокого выноса.

Общность условий склонового почвообразования обуславливает тесную взаимосвязь микроэлементного и минералогического состава почв. Дифференциация содержания микроэлементов между генетическими горизонтами уменьшается в ряду от светло-серых до темно-серых оподзоленных почв и зависит от распределения отдельных глинистых минералов, на которые, в свою очередь, влияют такие факторы, как влагообеспеченность, экспозиция склона, интенсивность выщелачивания и т. д. Поэтому, учитывая профильное распределение определенных групп глинистых минералов и условия их образования, можно прогнозировать распределение микроэлементов как в профиле почв, так и в ландшафте.

Распределение глинистых минералов на территории объекта «Роганская балка» (табл. 3) подчеркивает своеобразные условия почвообразования на «сложных» по форме склонах. Особенностью такого распределения является то, что количество гидрослюд во всех горизонтах коррелирует с количеством монтмориллонита. Если вниз по профилю уменьшается процентное содержание гидрослюд, то доля монтмориллонита соответственно увеличивается. Равномерное распределение минералов монтмориллонитовой группы наблюдается только в верхней части склона. По-видимому, это свидетельство того, что количество влаги по профилю распределяется более равномерно на плато, чем на склоне. Увеличение вниз по профилю содержания смешаннослойных образований также говорит о том, что увеличивается содержание влаги внутри профиля за счет тяжелого гранулометрического состава, что приводит к трансформационным явлениям гидрослюд с появлением иллитов.

На территории полигона «Люботинский» распределение глинистых минералов представляет собой пример закономерного изменения ксероморфности на склонах южной и юго-восточной экспозиции, а именно: равномерное распределение гидрослюд и монтмориллонита на плато и своеобразное их распределение на склоне. В таком распределении одновременно принимают участие несколько факторов: первостепенно это форма склона и соответственно этому количество

влаги, в микропонижениях может накапливаться небольшое количество влаги, что ускоряет ход почвообразовательных процессов и приводит к трансформационным изменениям гидрослюды и их образованию *in situ*. Эти процессы могут «затормаживаться» за счет экспозиции склона и количества солнечной энергии. Поэтому можно сделать вывод, что образование глинистого материала происходит на месте и все трансформационные процессы протекают как стадийно, так и одновременно.

Таблица 3

Содержание глинистых минералов в илистой части склоновых почв на объектах исследований

Объект исследований	Часть склона/форма	Глубина, см	Содержание глинистых минералов в иле, %					
			монт-мориллонит	смешаннослойные	гидрослюды	каолинит	иллит	кварц
Роганская балка	верхняя часть/выпуклая	0–34	23,5	11,0	40,0	15,6	9,0	1,5
		34–59	16,0	21,0	35,3	16,0	10,5	1,2
		59–79	15,4	31,0	29,0	15,4	8,2	1,0
		79–105	17,4	29,0	25,9	17,4	9,0	1,3
	средняя часть/прямая	0–31	27,4	31,5	15,3	13,6	11,4	0,7
		31–50	20,6	12,3	31,0	9,0	26,0	1,2
		50–79	42,4	10,1	17,1	13,3	17,1	следы
	нижняя часть/вогнутая	79–105	49,0	8,1	13,0	15,1	15,0	следы
		0–26	42,3	19,5	22,0	11,11	4,0	1,2
		26–46	33,5	22,0	29,0	14,3	следы	1,6
Полигон «Люботинский»	верхняя часть/выпуклая	46–80	32,0	22,0	13,6	25,0	6,6	1,3
		0–30	34,0	15,4	38,4	10,8	следы	1,3
		30–50	48,5	10,7	25,8	15,0	следы	следы
		50–72	27,7	24,3	31,1	12,4	4,0	0,6
	средняя часть/прямая	72–100	37,3	33,2	16,0	13,0	следы	0,5
		0–30	41,0	12,8	28,3	7,8	9,4	следы
		30–60	20,0	58,3	14,3	6,8	1,0	следы
	нижняя часть/вогнутая	60–90	37,0	25,2	14,0	24,0	следы	следы
		0–30	25,0	21,1	26,3	15,7	10,5	1,4
		30–50	32,3	16,5	21,0	19,8	8,9	1,6
		50–85	41,4	22,6	16,0	10,6	8,2	1,0

Изучение латеральной составляющей пространственной неоднородности почв на объекте «Балка Яблочная» также выявило тесную взаимосвязь содержания подвижных форм микроэлементов и геоморфологии поверхности. В частности, ареал пониженного (менее 0,35 мг/кг) содержания подвижного цинка приурочен к эродированным почвам нижней части склона и направлению движения водных потоков, переходящих в вершины балки (рис. 1).

2. Плодородие почв и применение удобрений

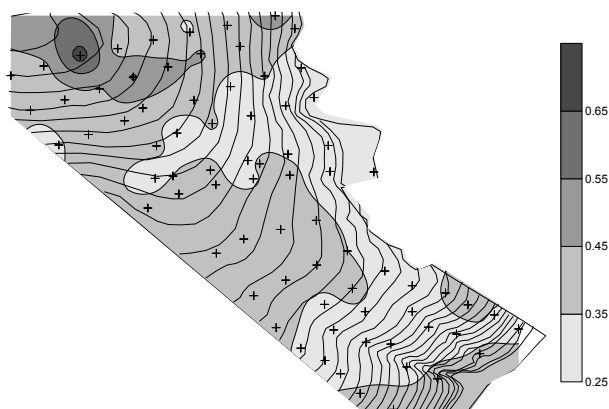


Рис. 1. Пространственное распределение содержания подвижного цинка (мг/кг) в пахотном слое почв объекта «Балка Яблочная» (горизонталы проведены через 1 м, знак «+» соответствует месту расположения пробных площадок)

Содержание в почве подвижного цинка наряду с обеспеченностью почвы азотом оказались наиболее значимыми факторами неоднородности качества зерна, в совокупности определяя около 28 % вариабельности белковости:

$$\text{Белок} = 8,62 + 0,013 \text{ N} + 1,37 \text{ Zn};$$
$$R = 0,58; R^2 = 0,28; F_{(2, 41)} = 8,18; \beta_N = 0,37; \beta_{Zn} = 0,23.$$

В значительной мере такая взаимосвязь обусловлена также наличием на поле общих очагов накопления соединений азота и цинка в микропонижениях с улучшенной влагообеспеченностью (рис. 2). Возможно, что обеднение/обогащение отдельных участков поля элементами, которые находятся в минимуме и непосредственно связаны с процессами биосинтеза, является одной из причин пестроты качества зерна. Следовательно, дифференцированное внесение удобрений в соответствии с принципами точного земледелия может быть средством повышения не только урожайности, но и качества продукции.

Генерализация пространственной информации до уровня принятых градаций позволяет выделить в пределах исследуемого поля участки с низкой обеспеченностью микроэлементами, где необходимо их первоочередное применение (рис. 3). Известно, что вследствие различной природы возникновения неоднородности почв зачастую наблюдается несовпадение пространственных ареалов обеспеченности элементами питания. Следовательно, в тех случаях, когда причиной пространственной неоднородности почв по микроэлементному составу являются подтягивание карбонатов или эрозионные процессы, можно ожидать совпадения таких ареалов и целесообразно их выделение на местности.

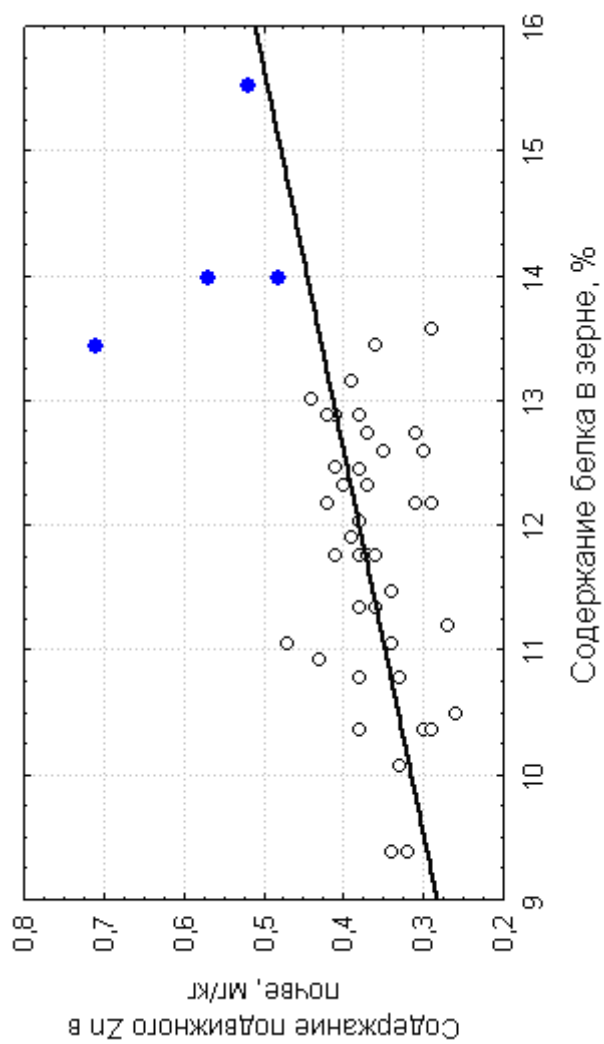


Рис. 2. Влияние ареалов накопления подвижного Zn на содержание белка в зерне озимой пшеницы

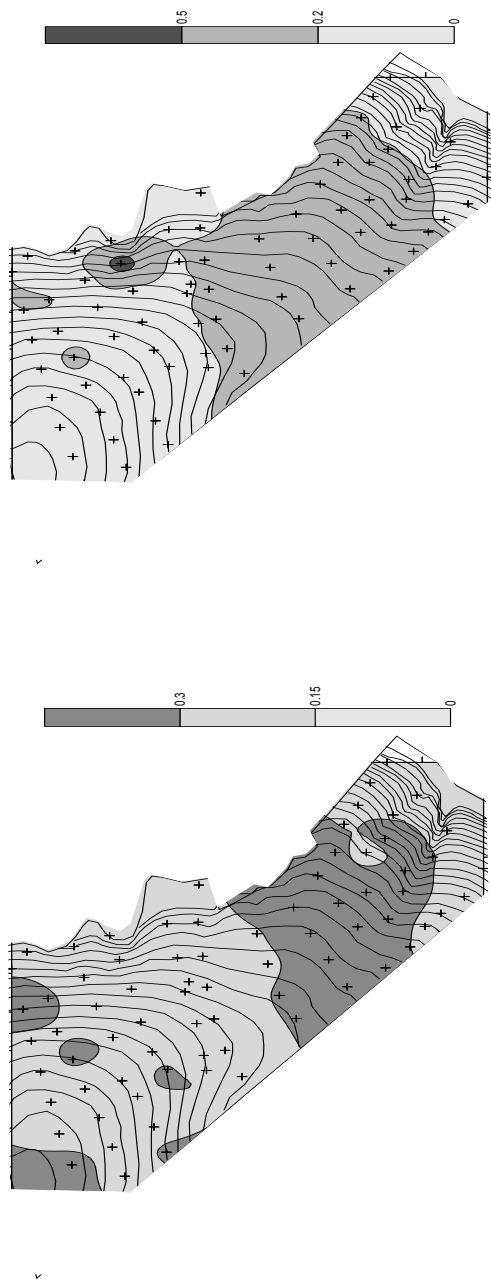


Рис. 3. Пространственное распределение содержания подвижного кобальта (слева) и меди (справа) в пахотном слое почв объекта «Балка Яблочная», мг/кг

ВЫВОДЫ

1. В пахотных почвах оподзоленного ряда Левобережной Лесостепи Украины на пологих склонах в летний период наблюдается наличие «подвешенного» карбонатного слоя, глубина залегания и мощность которого может быть различной. Этот карбонатный слой значительно ухудшает микроэлементное питание растений на склонах, на порядок снижая содержание подвижных форм Zn, Mn, Co, Cu в почве. Факторами, обуславливающими дифференциацию микроэлементного состава склоновых почв, являются также их минералогическая неоднородность и эрозионные процессы.

2. Выделение пространственных ареалов различной обеспеченности склоновых почв микроэлементами, обусловленных подтягиванием карбонатов, эрозионными процессами или накоплением элементов в микропонижениях, требует корректировки методики агрохимического обследования в сторону большего соответствия принципам точного земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Природний механізм захисту схилових ґрунтів від водної ерозії / М.І. Полупан [та інш.]; за ред. М.І. Полупана. – К.: Фенікс, 2011. – 144 с.

2. Чижова, С.Л. **Формирование урожая и качества растений на разных агрохимических фонах в склоновых ландшафтах**: автореф. дис. канд. биол. наук / С.Л. Чижова. – М.: МГУ. 2002. – 24 с.

3. Chun-Chih Tsuia Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan / Chun-Chih Tsuia, Zueng-Sang Chen, Chang-Fu Hsieh // *Geoderma*. – 2004. – Vol. 123. – № 1–2. – P. 131–142.

4. Leah, T. Humus and trace elements as an indicators of material eroded from carbonatic chernozems surface / T. Leah // *Scientific papers, UASVM Bucharest. – Series A*. – Vol. LIII. – 2010. – P 22–28.

5. Алексеенко, В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере: развитие, оценка. – М.: Логос, 2006. – 520 с.

6. Ачасова, А.О. Почвенно-экологические условия формирования пространственной неоднородности тяжелых металлов в почвах Левобережной Лесостепи Украины / А.О. Ачасова. – Харьков, 2003. – С. 71–77.

7. Караваева, Н.А. Постагрогенные миграционно-мицелярные черноземы разновозрастных залежей южной лесостепи ЕТР / Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко // *Почвоведение*. – 2009. – № 10. – С. 1165–1176.

8. Кухарук, Н.С. Микроморфологические особенности органического вещества при агрогенной трансформации почв Лесостепной зоны / Н.С. Кухарук, Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин // *Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Сер. естественных наук*. – 2011. – Т. 16, № 15. – С. 168–179.

2. Плодородие почв и применение удобрений

9. Гаськевич, В.Г. Морфологічні особливості сірих лісових ґрунтів Горохівської височини / В.Г. Гаськевич, М.І. Пшевлоцький, І.М. Дроган // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий темат. наук. зб. – Вип. № 75. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2011.

10. Бурлакова, Л.М. Строение почвенного профиля агрочерноземов в системе расчлененного рельефа высокого Алтайского Приобья / Л.М. Бурлакова, Е.В. Кононцева, О.Н. Шторм // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 8 (58). – С. 14–18.

11. Тertiшна, А.В. Профільний розподіл мікроелементів та глинистих мінералів ґрунтів опідзоленого ряду / А.В. Тertiшна // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – 2010. – № 74. – С. 112–115.

12. Мірошніченко, М.М. Агрогеохімія мікроелементів в ґрунтах України / М.М. Мірошніченко, А.І. Фатєєв // Агрохімія і ґрунтознавство: спецвипуск до VIII зїзду УТГА. – Кн. 1. – С. 98–107.

SPATIAL HETEROGENEITY OF THE MICROELEMENT COMPOSITION IN THE SLOPE SOILS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

M.M. Miroshnychenko, A.V. Tertyshna, A.V. Panasenko

Summary

Studied the distribution of microelements and clay minerals in the soil profile in the typical forest-steppe transeluvial landscapes of Ukraine. Established that the formation of the carbonate layer, mineralogical heterogeneity and erosion processes lead to significant differences ensuring of physiologically essential microelements in slope soils.

Поступила 28.03.13