

УДК 577.118+631.416.9+631.417.2:631.445.24«476»

Т. П. МАРЧИК, А. Л. ЕФРЕМОВ*

МАКРО-, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ГУМУС В ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,
*Белорусский государственный технологический университет

(Поступила в редакцию 15.08.2005)

Оценка содержания и запасов питательных элементов, их распределение в профиле почв позволяют не только выяснить реально доступный фонд питательных элементов почвы для растений, но и особенности биогенной аккумуляции, пути миграции в ландшафте и участие в биологическом круговороте веществ, что особенно актуально для повышения эффективности агропромышленного производства, которое должно быть реализовано с учетом изменения плодородия почв.

В Республике Беларусь мониторинговые исследования агрохимических свойств почвенного покрова проводятся достаточно давно и позволяют дать оценку динамике плодородия при интенсивном сельскохозяйственном использовании [1]. Однако вследствие ограниченности распространения дерново-карбонатных почв возникает необходимость их более детального изучения для предотвращения деградации, поскольку эти почвы, наряду с дерновыми, обладают наиболее высоким естественным плодородием на территории республики. Дерново-карбонатные почвы отличаются хорошо выраженным и достаточно мощным перегнойным горизонтом, зернисто-комковатой структурой, нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды, высокой насыщенностью основаниями, большой объемной массой, высокой влагоудерживающей способностью [2].

Цель исследований – оценка биоресурсов дерново-карбонатных почв северо-западной части Беларуси для определения обеспеченности элементами питания сельскохозяйственных культур и степени изменения свойств почвы под влиянием агропромышленного использования: выявление особенностей агрофизических и агрохимических свойств дерново-карбонатных почв; определение содержания и профилльно-генетического распределения макроэлементов, подвижных форм микроэлементов и гумуса дерново-карбонатных почв; оценка биогенно-энергетических запасов дерново-карбонатных почв.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в Гродненском районе (АПК «Свислочь») в полевые сезоны 2002–2003 гг. Объектами изучения являлись: почва дерново-карбонатная типичная: типичная пробная площадь (ТПП) № 15 под сеяным сенокосным лугом – клевер луговой + ежа сборная + тимофеевка луговая (*Trifolium pratense* + *Dactylis glomerata* + *Phleum pratense*) и ТПП №16 под лесом – осинник дубняково-снытьевый (*Populetum quercetosae aegopodiosum*), почва дерново-карбонатная выщелоченная: ТПП № 13 под посевами рапса полевного (*Brassica napus*) и ТПП № 14 под посевами люцерны посевной (*Medicago sativa*), почва дерново-карбонатная оподзоленная: ТПП №11 под посевами тритикале озимого (*Triticale*) и ТПП № 12 под посевами вико-овсяной смеси (*Vicia sativa* + *Avena sativa*). ТПП 11–14 заложены на пахотных землях, находящихся в соответствующем севообороте, сопровождаемом установленными агротехническими мероприятиями. Опытные образцы отбирались из почвенных разрезов по генетическим горизонтам методом конверта (средняя проба из пяти точек).

Изучение агрохимических свойств, содержание валовых и подвижных форм биогенных элементов проводили по общепринятым в почвоведении методикам: органический углерод (C_{org}) –

по Никитину, общий азот ($N_{\text{общ}}$) – по Кьельдалю, валовой фосфор ($P_{\text{вал}}$) – по Шерману, легкогидролизуемый азот ($N_{\text{л.-г}}$) – по Корнфилду, подвижные фосфор (P_2O_5) и калий (K_2O) – по Мачигину в модификации ЦИНАО, подвижные формы цинка (Zn), меди (Cu) – в аммонийно-ацетатной вытяжке, марганец (Mn) – в вытяжке KCl, бор – в водной вытяжке с азотетином H, содержание физической глины, плотность – по Качинскому, кислотность солевой суспензии pH_{KCl} – потенциометрически [3]. Полученные данные обработаны на ПЭВМ с помощью статистического пакета STATISTICA for Windows 6.0.

Результаты и их обсуждение. Анализ данных таблицы показывает, что дерново-карбонатные почвы Гродненского района по гранулометрическому составу относятся к легко- и среднесуглинистым. В почвенном профиле отмечено довольно высокое содержание частиц менее 0,01 мм (физической глины), причем характерно нарастание их участия сверху вниз: от 21,6–28,4 в гумусовых до 31,0–40,3% в иллювиальных горизонтах. Влажность минеральных горизонтов по почвенному профилю возрастает от 17,0 до 24,9%, максимальное значение характерно для лесной подстилки – 33,2%.

Физические свойства и кислотность дерново-карбонатных почв

№ ТПП	Горизонт, глубина, см	Содержание физической глины, %	Влажность, %	Плотность почвы, г/см ³	pH_{KCl}
<i>Дерново-карбонатные оподзоленные</i>					
№ 11, трикале озимое (<i>Triticale</i>)	A _п 0–8	21,9±0,9	17,3±0,9	1,17±0,1	5,96
	A _п 8–25	24,2±0,4	17,8±0,2	1,33±0,1	6,00
	A _п A ₂ 25–50	22,8±0,5	18,8±0,2	1,28±0,1	5,89
	B _{Ca} 50–73	40,3±0,6	20,1±0,6	1,55±0,3	6,57
	C _{Ca} 73–100	34,6±0,6	22,9±0,1	1,44±0,2	7,01
№ 12, вико-овсяная смесь (<i>Vicia sativa + Avena sativa</i>)	A _п 0–10	24,0±0,6	17,0±0,2	1,15±0,1	5,94
	A _п 10–26	25,9±0,2	17,4±0,5	1,34±0,1	6,03
	A _п A ₂ 26–45	24,4±0,2	19,3±0,3	1,31±0,2	5,90
	B _{Ca} 45–83	38,0±0,8	20,4±0,7	1,51±0,2	7,21
	C _{Ca} 83–100	35,0±0,5	21,8±0,7	1,47±0,3	7,33
<i>Дерново-карбонатные выщелоченные</i>					
№ 13, рапс посевной (<i>Brassica napus</i>)	A _п 0–30	28,4±0,4	19,2±0,7	1,32±0,2	5,95
	B _{CaF} 30–75	33,9±0,5	22,0±1,0	1,58±0,1	6,10
	C _{CaF} 75–100	33,8±0,6	22,9±1,0	1,42±0,1	7,10
№ 14, люцерна посевная (<i>Medicago sativa</i>)	A _п 0–2	26,9±0,8	20,9±0,8	1,46±0,2	5,91
	B _{CaF} 32–67	35,6±1,0	24,3±0,3	1,71±0,1	6,31
	C _{CaF} 67–100	34,3±0,9	24,9±0,2	1,54±0,2	6,97
<i>Дерново-карбонатные типичные</i>					
№ 15, ежа сборная + тимфеевка луговая (<i>Trifolium pratense + Dactylis glomerata + Phleum pratense</i>)	A _d 0–10	21,9±0,2	17,7±0,1	1,20±0,1	6,90
	A ₁ 10–35	23,8±0,1	19,8±0,2	1,37±0,2	7,16
	BC _{Ca} 35–75	33,1±0,4	22,2±0,1	1,56±0,1	7,20
	C _{Ca} 77–100	34,3±0,2	22,4±0,1	1,51±0,3	7,35
№ 16, осинник дубняково-снытьевый (<i>Populetum quercetosum-aegopodiosum</i>)	A ₀ 0–3	–	33,2±0,1	0,31±0,2	6,77
	A ₁ 3–3	21,6±0,4	19,2±0,2	0,82±0,1	6,74
	BC _{Ca} 33–0	31,0±0,2	20,4±0,1	1,42±0,2	7,24
	C _{Ca} 70–100	32,2±0,1	20,8±0,1	1,42±0,1	7,33

Изученные дерново-карбонатные почвы характеризуются нейтральной и близкой к нейтральной ($pH = 6,74–7,35$) реакцией среды (типичные) или слабокислой в верхней ($pH = 5,89–6,03$) и близкой к нейтральной ($pH = 6,31–7,33$) в нижней части профиля (выщелоченные и оподзоленные), что связано с карбонатностью почвообразующей породы. Подкисление почвенного раствора верхних горизонтов в двух последних подтипах является, скорее всего, следствием более глубокого залегания карбонатного слоя и однонаправленным выносом карбонатов в результате промачивания почвенного профиля. Физиологическое подкисление пахотных почв, часто происходя-

щее в результате применения минеральных удобрений, на дерново-карбонатных почвах практически не развивается, вследствие достаточно высокой устойчивости их к сдвигу pH почвенного раствора за счет наличия в почвенном поглотительном комплексе большого количества ионов Ca^{2+} .

Плотность почвы во многом предопределяет ее водно-воздушный режим, биологическую активность и составляет для гумусовых горизонтов оподзоленных подтипов исследованных дерново-карбонатных почв 1,15–1,34, выщелоченных – 1,32–1,46, типичных – 0,82–1,37 г/см³, в иллювиальных горизонтах она увеличивается до 1,42–1,71, в горизонте С вновь уменьшается до 1,42–1,54, наименьшая величина характерна для лесной подстилки – 0,32 г/см³.

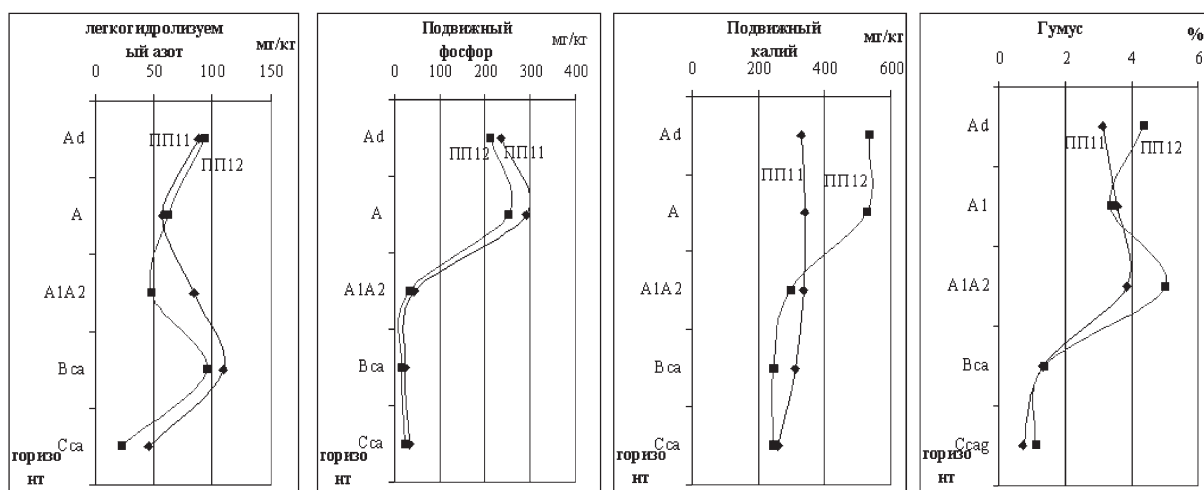
При оценке почвенного плодородия важное значение имеет знание валового содержания элементов, показывающее, как долго почва потенциально может обеспечивать растения при условии полной мобилизации запасов (потенциальный резерв), и сведения о тех соединениях, которые могут быть использованы растениями (ближний резерв), т.е. степень обеспеченности почвы питательными веществами зависит не только от их содержания, но и от формы, в которой они находятся, в связи с чем нами изучены валовое содержание и подвижные формы основных биогенов.

В изученных дерново-карбонатных почвах содержание $N_{\text{общ}}$ колеблется в гумусовых горизонтах оподзоленного подтипа от 0,18 до 0,25, выщелоченного – 0,31–0,33, типичного – 0,30–0,38, в карбонатных горизонтах снижается до 0,10–0,18%, наибольшее значение отмечено в лесной подстилке – 1,47%. Валовой фосфор варьирует от 0,14 до 0,22 в оподзоленных, 0,30–0,32 – в выщелоченных, 0,16–0,23 – в типичных дерново-карбонатных почвах, в карбонатных породах изменяется от 0,12 до 0,21%.

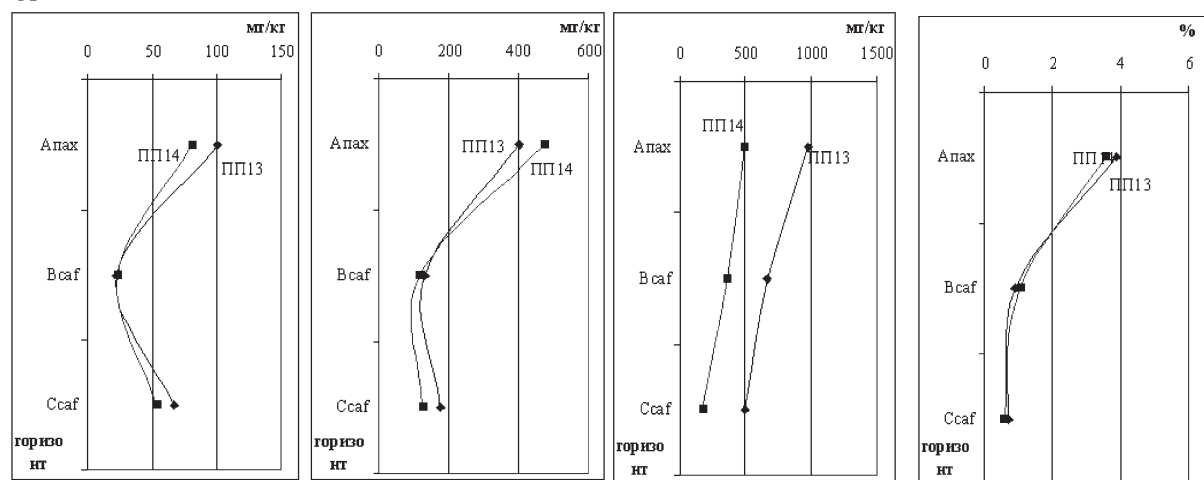
Профильное распределение содержания $N_{\text{л-г}}$, P_2O_5 , K_2O (рис. 1) имеет тенденцию, аналогичную распределению валового содержания данных элементов. $N_{\text{л-г}}$ в типичных дерново-карбонатных почвах уменьшается по профилю с 86,1–151,2 (в горизонте A_1) до 26,1–29,4 мг/кг (в горизонте С). В выщелоченном подтипе отмечены максимумы в горизонте $A_{\text{ц}}$ 80,5–100,8 с падением в горизонте В до 22,4–23,1 и последующим увеличением в почвообразующей породе до 53,2–67,2 мг/кг. В оподзоленном подтипе наблюдается варьирование по профилю с увеличением в средней части. Содержание P_2O_5 в типичных дерново-карбонатных почвах изменяется в гумусовых горизонтах в пределах 241,0–278,9 с падением до 21,7–49,0 мг/кг в нижней части профиля, в выщелоченных варьирует от 402,9–474,3 в горизонте $A_{\text{ц}}$ с небольшим минимумом в горизонте В и увеличением до 125,9–177,6 мг/кг в почвообразующей породе, в оподзоленных подтипах содержание P_2O_5 варьирует в меньшей степени, чем $N_{\text{л-г}}$ максимум наблюдается в гумусовых горизонтах (210,6–290,3 мг/кг). Содержание K_2O высокое по всему почвенному профилю с тенденцией к постепенному уменьшению к почвообразующей породе во всех подтипах. Следует отметить, для всех подтипов дерново-карбонатных почв обогащение гумусовых горизонтов подвижными формами азота, фосфора и калия, что связано, с одной стороны, с поступлением растительных остатков, с другой стороны – с почвообразующей породой и удобренностью [4]. Исключение – распределение $N_{\text{л-г}}$ в оподзоленном подтипе, что, по-видимому, связано с его интенсивным вымыванием.

Анализ внутривертикального распределения гумуса показал, что по всему почвенному профилю отмечается его снижение. Однако детальный анализ кривых распределения свидетельствует, что в пределах профиля тип распределения гумуса неодинаков у различных подтипов дерново-карбонатных почв (рис. 1).

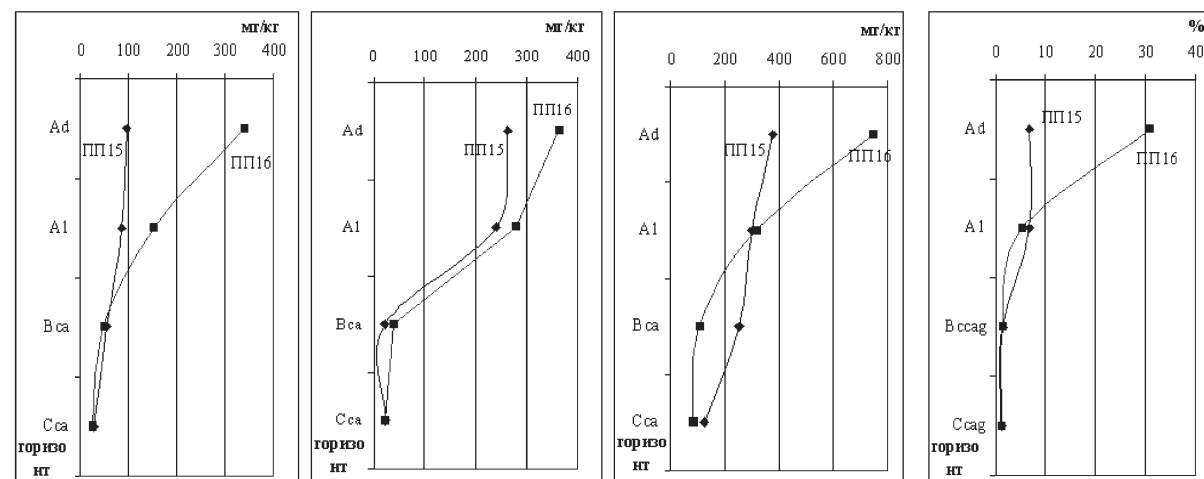
Исследуемые почвы по дифференциации гумусового профиля нами разделены на две группы. В первой наблюдается равномерно-аккумулятивный тип распределения в верхней части, регрессионно-аккумулятивный (резко убывающий) – в средней и вновь равномерно-аккумулятивный – в нижней. Вторая группа имеет в верхних горизонтах прогрессивно-аккумулятивный тип распределения, в средней (при переходе к горизонту В) – регрессионно-аккумулятивный с переходом в равномерно-аккумулятивный в нижней части профиля. К первой группе относятся типичные дерново-карбонатные почвы, где происходит уменьшение содержания органического углерода с 3,91 в верхней части профиля до 0,03% в горизонте С и гумуса с 6,72 до 1,19% соответственно, и выщелоченные дерново-карбонатные: $C_{\text{орг}}$ – с 2,25 до 0,33% и гумус – с 3,88 до 0,57% соответственно. Ко второй группе относятся дерново-карбонатные оподзоленные, у кото-



А

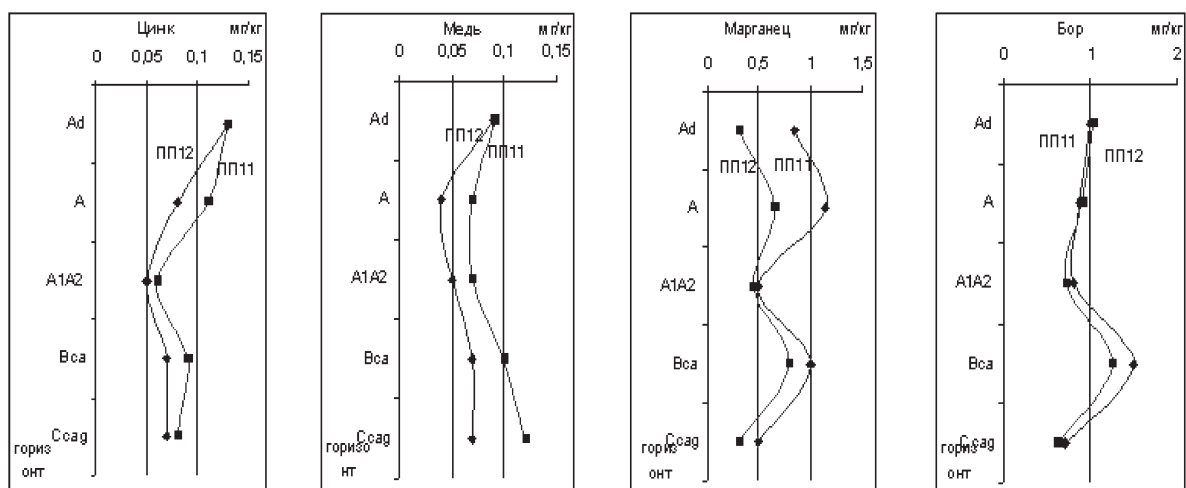


В

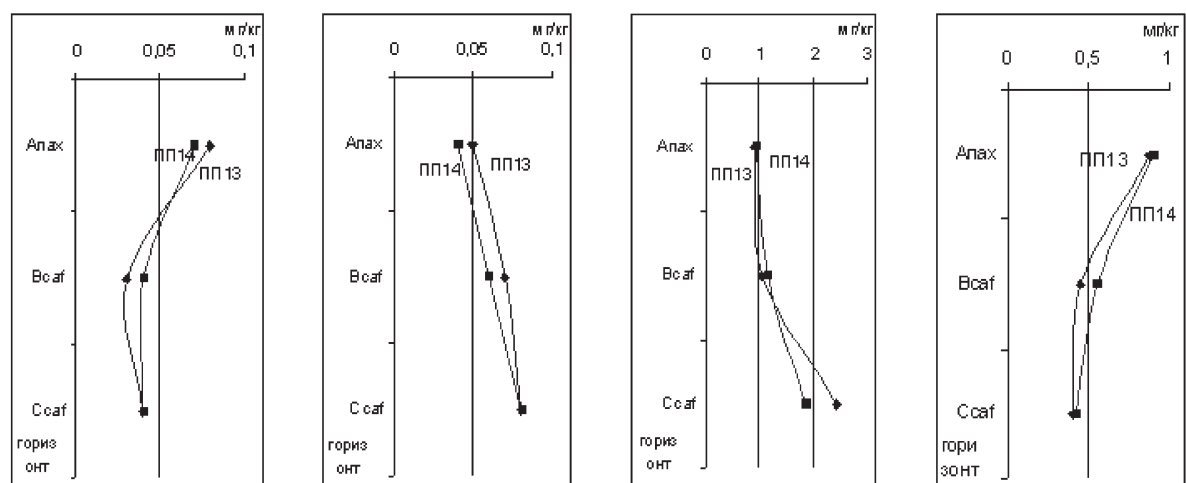


С

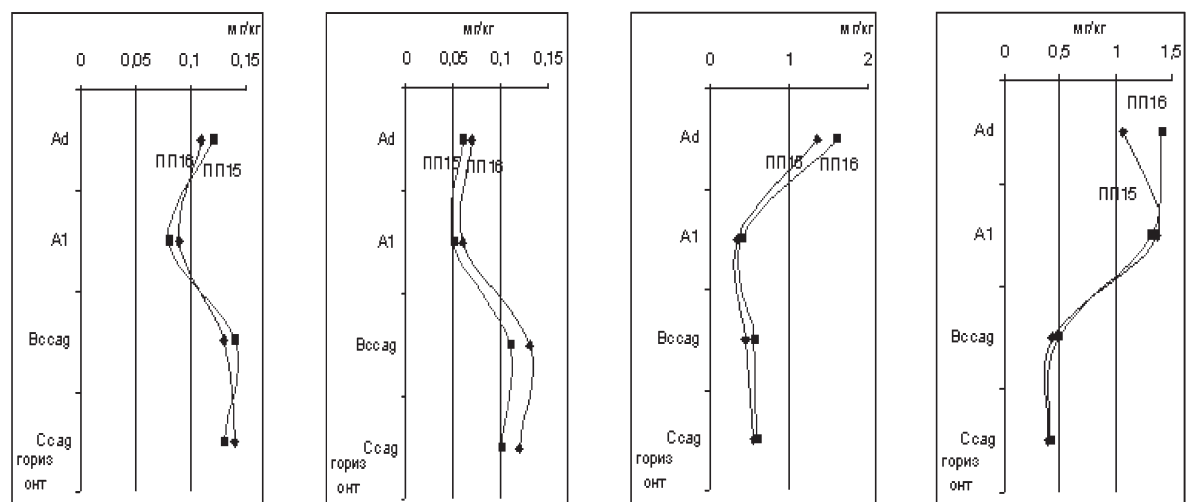
Рис. 1. Содержание $N_{л-г}$, P_2O_5 , K_2O и гумуса в профиле различных подтипов дерново-карбонатных почв: А – оподзоленные, В – выщелоченные, С – типичные



A



B



C

Рис. 2. Распределение подвижных форм микроэлементов в профиле различных подтипов дерново-карбонатных почв: А – оподзоленные, В – выщелоченные, С – типичные

рых максимум органического вещества (3,83–5,00%) приходится на среднюю часть профиля (подпахотный горизонт A_1A_2), что может быть связано не только с его перераспределением в толще почвы, но и с активным вовлечением верхних горизонтов в агропромышленное производство и ускоренной минерализацией в них гумуса.

Наибольшее содержание гумуса характерно для гумусовых горизонтов типичных дерново-карбонатных почв, а максимальное содержание органического вещества отмечено в лесной подстилке – 30,95%, что связано с особенностями этого горизонта (органогенный). Все подтипы изученных почв относятся к почвам с высоким содержанием гумуса.

Дифференциация микроэлементов в профиле и их концентрация в почвенном растворе тесно связаны с содержанием органического вещества, гранулометрическим составом, наличием геохимических сорбционных барьеров, значением pH и увлажнением [5].

В дерново-карбонатных почвах концентрация подвижных форм Zn колебалась в пределах 0,03–0,15, Cu – 0,04–0,13, Mn – 0,30–2,45, бора – 0,40–1,37 мг/кг почвы.

В оподзоленных и выщелоченных подтипах дерново-карбонатных почв максимальная концентрация подвижных форм Zn наблюдается в верхних гумусовых горизонтах с уменьшением к материнской породе (рис. 2). В оподзоленном подтипе регистрируется минимум Zn в подпахотном горизонте с характерными признаками оподзоливания, где происходит его вымывание. Аналогичная тенденция наблюдается и в распределении подвижных форм бора в этих подтипах дерново-карбонатных почв. Концентрирование Zn и бора в верхних горизонтах связано с их большей гумусированностью, уменьшением pH, биологической аккумуляцией ($K_6 > 10$) и дополнительным поступлением этих элементов с минеральными удобрениями [5, 6]. В типичных дерново-карбонатных почвах, слабо дифференцированных на горизонты и насыщенных карбонатами с поверхности, содержание Zn незначительно варьирует по профилю, а небольшой минимум в горизонте A_1 является, вероятно, результатом активного поглощения его травянистой лесной и луговой растительностью. Для всех подтипов дерново-карбонатных почв наблюдается низкое содержание подвижных форм Zn, что связано с нейтральностью почвенного раствора, насыщением их Ca^{2+} , в результате чего Zn образует сравнительно устойчивые соединения [7].

Распределение бора в типичных дерново-карбонатных почвах имеет аккумулятивный характер, что обусловлено повышенным поступлением его с опадом лесного и лугового фитocenоза ($K_6 = 50,00$).

В отношении Cu во всех подтипах отмечено увеличение концентрации подвижных форм с глубиной, что свидетельствует о высокой роли органического вещества в образовании устойчивых комплексов Cu при ее низких концентрациях и влиянии pH [5, 8].

Mn также достаточно хорошо фиксируется органическим веществом, но, вследствие его высокой способности к растворимости в результате окислительно-восстановительных процессов в почве [5, 9], является достаточно подвижным элементом и мигрирует по профилю этих почв, что вызывает необходимость его внесения в виде микроудобрений.

Анализ результатов по генетическим горизонтам не всегда дает возможность точно оценить и сравнить изучаемые объекты, для этого нами на основе полученных данных рассчитаны запасы биогенных элементов и гумуса в изученных почвах на глубину почвенного профиля по мощности горизонтов с учетом их объемной плотности и на единицу поверхности (в частности, на 1 м^2) [10, 11].

Потенциальные запасы гумуса в дерново-карбонатных почвах составляют: в типичных 42–44, оподзоленных – 31–35, выщелоченных – 20–24 кг/м^2 ; $N_{\text{общ}}$ – 2,9–3,4, 2,7–3,1, 2,6–2,9 кг/м^2 соответственно, в составе которого фракция $N_{\text{д-г}}$ составляет 2,0–3,5% от общего (0,05–0,11 кг/м^2); $P_{\text{вал}}$ – 0,56–0,57, 0,51–0,52, 0,75–0,78 кг/м^2 соответственно, доля P_2O_5 составляет 20–40% (0,10–0,33 кг/м^2) от валового.

Потенциальные запасы Zn в дерново-карбонатных почвах составляют: в выщелоченных – 0,07–0,10, в оподзоленных – 0,09–0,12, в типичных – 0,18–0,20 г/м^2 ; бора – 0,8–0,9 в выщелоченных разновидностях, 1,0–1,1 в типичных и 1,2–1,4 г/м^2 в оподзоленных; Mn – 0,60–0,70 в оподзоленных, 0,80–0,85 в типичных, 1,90–1,95 г/м^2 в выщелоченных; Cu – 0,08–0,09 в выщелоченных, 0,08–0,13 оподзоленных и 0,15–0,23 г/м^2 типичных разновидностях.

Выводы

1. Дерново-карбонатные почвы северо-западной части Беларуси характеризуются высокой плотностью почвы, значительным содержанием частиц < 0,01 мм, нейтральной реакцией среды. Сравнивая изученные почвы с такими же почвами в среднем по республике [2], отмечена их большая обеспеченность валовыми и подвижными формами основных биогенов. В отношении подвижных форм микроэлементов на данных почвах наблюдается недостаток марганца и меди, существенный дефицит цинка и высокое содержание бора.

2. По потенциальным запасам гумуса, общего и легкогидролизуемого азота, подвижных цинка и меди изученные дерново-карбонатные почвы располагаются в следующие экологические ряды: выщелоченные < оподзоленные < типичные, по запасам валового и подвижного фосфора, бора и марганца: оподзоленные < типичные < выщелоченные.

Литература

1. Богдевич И. М., Шмигельская И. Д., Германович Т. М. и др. // Почвоведение и агрохимия. 2005. № 1(34). С.167–173.
2. Почвы Белорусской ССР / Под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смяна. Мн., 1974.
3. Практикум по агрохимии / Под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. Мн., 1998.
4. Липкина Т. С., Дородная М. А., Чистова Т. А. // Почвоведение. 1985. № 11. С. 17–20.
5. Кабат-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
6. Dabkowska-Naskret H. // Org.Geochem. 2003. Vol. 24, N 5. P. 245–249.
7. Кашин В. К., Иванов Г. М. // Почвоведение. 1999. № 3. С. 318–325.
8. Лях Т. Г. // Почвоведение и агрохимия. 2005. № 1(34). С. 360–363.
9. Переломов Л. В., Пинский Д. Л. // Почвоведение. 2003. № 11. С. 682–691.
10. Ефремов А. Л. Микробиота и биогенность сосновых лесов Беларуси. Мн., 2002. С. 68.
11. Почвоведение: В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. М., 1988. С. 97.

T. P. MARCHIK, A. L. EFREMOV

MACRO-, MICROELEMENTS AND HUMUS IN REDZINA SOILS OF THE NORTH-WEST PART OF BELARUS

Summary

In the article the results of research on agrophysical and agrochemical of properties of various subtypes of rendzina soils of the north-west part of Belarus, content and structure distribution of macro-, microelements and humus are presented. It is shown that the investigated soils have a high volumetric density, a significant content of particles < 0.01 mm, a neutral reaction of the environment, a high security by total and mobile forms of basic biogenes, a lack of the mobile forms of manganese and copper, an essential deficiency of mobile zinc and a raised content of mobile boron.