

12. Sharkov I.N. Mineralizacija i balans organičeskogo veshhestva v pochvah agrocenozov Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Novosibirsk, 1997. – 37 s.
13. Sharkov I.N., Danilova A.A. Vlijanie agrotehničeskikh priemov na izmenenie soderžanija gumusa v pahotnyh pochvah // Agrohimiya. – 2010. – № 12. – S. 72–81.



УДК 631.417.2

О.А. Власенко

### ЗАПАСЫ ЛЕГКОМИНЕРАЛИЗУЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

О.А. Власенко

### THE STOCKS OF EASILY MINERALIZED ORGANIC SUBSTANCE IN CULTIVATION OF ROW FORAGE CROPS IN KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

**Власенко О.А.** – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: ovlasenko07@mail.ru

**Vlasenko O.A.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: ovlasenko07@mail.ru

В сложившихся экономических и экологических условиях большой интерес вызывает изучение динамики легкоминерализуемого органического вещества (ЛМОВ) в агропочвах. Источниками ЛМОВ в почвах агроэкосистем являются запасы мортмассы и отмирающие корни растений. Это ближайший резерв для разложения, за счет которого формируются запасы питательных элементов и обновляются гумусовые вещества. После уборки урожая в верхнем слое почвы в агроэкосистеме кукурузы остается около 13 т/га, в агроэкосистеме подсолнечника – 28 т/га растительных остатков, состоящих из корней и крупной мортмассы (> 0,5 мм). Максимальный запас мелкой мортмассы в агроэкосистеме кукурузы был во второй половине июля (1,75 т/га), в агроэкосистеме подсолнечника – в середине августа (1,55 т/га). Общий запас углерода гумуса в почве при возделывании кукурузы и подсолнечника составил 67,2 т/га. В его составе преобладали запасы углерода стабильного гумуса, которые в агроэкосистеме кукурузы составили 61 %, в агроэкосистеме подсолнечника – 72 %. Легкоминерализуемое органическое вещество в основном состоит из совокупности водорастворимых и щелочегидроли-

зуемых форм углерода (подвижный углерод гумуса), а также из углерода лабильного органического вещества (мелкой мортмассы). На долю углерода лабильного органического вещества в агроэкосистеме кукурузы пришлось 4,9 т/га, в агроэкосистеме подсолнечника – 5,3 т/га, что составило 7 % от  $C_{орг}$ . Запасы щелочегидролизующего углерода гумуса в агроэкосистеме кукурузы составили 22,8 т/га, в их составе преобладали новообразованные фульвокислоты, соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  в среднем было 0,8. В агроэкосистеме подсолнечника запасы щелочегидролизующего углерода гумуса составили 14,5 т/га, соотношение новообразованных гуминовых и фульвокислот оказалось 1,1. Запас водорастворимых форм углерода в черноземе при возделывании кукурузы и подсолнечника составил 1 % от  $C_{орг}$ .

**Ключевые слова:** легкоминерализуемое органическое вещество, запасы растительного вещества, подвижный гумус, кукуруза, подсолнечник, агрочернозем.

*In the developed economic and ecological conditions great interest causes studying of dynamics of easily mineralized organic substance (EMOS) in agrosols. EMOS sources in the soils of*

agroecosystems are stocks of mortmass and dying-off roots of plants. It is the next reserve for decomposition due to which stocks of nutritious elements are formed and humus substances are updated. After harvesting in the top layer of the earth in corn agroecosystem there are about 13 t/hectare, in sunflower agroecosystem – 28 t/hectare of the vegetable remains consisting of roots and large mortmass ( $> 0.5$  mm). The maximum stock of small mortmass in corn agroecosystem was in the second half of July (1.75 t/hectare), in sunflower agroecosystem – in the middle of August (1.55 t/hectare). The general reserve of carbon of humus in the soil at cultivation of corn and sunflower made 67.2 t/hectare. In its structure the reserves of carbon of stable humus which in the agroecosystem of corn made 61 %, in sunflower agroecosystem – 72 % prevailed. Light mineralizable organic matter basically consists of set of water-soluble and alkali-hydrolyzable forms of carbon (mobile humus carbon), as well as carbon of labile organic matter (small mortmass). Carbon stock of labile organic matter in the maize agroecosystem was 4.9 t / hectare, in sunflower agroecosystem – 5.3 t / hectare, which was 7 % of  $C_{org}$ . The stocks of all organic matter of labile organic substance were in agroecosystem of corn. The carbon stock of alkaline hydrolyzed was 22.8 t / hectare in maize agroecosystem of, newly formed fulvic acids prevailed in them, the ratio of  $C_h/C_{fa}$  was on average 0.8. The carbon stock of alkaline hydrolyzed amounted to 14.5 t / hectare, the ratio of newly formed humus and fulvic acids turned out to be 1.1 in sunflower agroecosystem. The stock of water-soluble forms of carbon in chernozom during maize and sunflower cultivation was 1 % of  $C_{org}$ .

**Keywords:** easily mineralized organic substance, stocks of vegetable substance, mobile humus, corn, sunflower, agrochernozom.

**Введение.** Органические вещества (ОВ) принимают непосредственное участие в формировании плодородия почвы. По своим функциям органическое вещество почвы можно разделить на легкоминерализуемую и стабильную часть. Легкоминерализуемая часть представляет собой лабильное и подвижное органическое вещество. Лабильное ОВ – это в основном мелкие остатки растений и животных, а также мик-

робная биомасса. Подвижное ОВ – это новообразованные водорастворимые ( $C_{H_2O}$ ) и щелочегидролизующие ( $C_{NaOH}$ ) соединения углерода. В составе щелочегидролизующего гумуса выделяется новообразованный углерод гуминовых ( $C_{гк}$ ) и фульвокислот ( $C_{фк}$ ). Стабильная часть включает углерод гумусовых веществ ( $C_{гумуса}$ ), прочно связанных с минеральной частью почвы [5]. Особенно большой интерес вызывает изучение динамики легкоминерализуемого ОВ в агропочвах, так как это ближайший резерв для минерализации и пополнения элементов питания растений. С другой стороны, часть лабильных и подвижных компонентов переходит в новообразованные гумусовые вещества, за счет которых поддерживается динамическое равновесие общего содержания углерода гумуса в почвах [6].

**Цель исследования:** дать количественную оценку запасов легкоминерализуемого органического вещества в агроценозах кормовых культур.

**Объекты и методы исследования.** Исследование проводилось в 2015 г. в Красноярской лесостепи на опытном поле УНПК «Борский» Красноярского ГАУ. В качестве объектов исследования были выбраны агроэкосистема кукурузы сорта F1 НК Кулер (Сингента) и агроэкосистема подсолнечника сорта F1 Санай МР (Сингента) на комплексе черноземов выщелоченных и обыкновенных тяжелосуглинистых.

Запасы подземного растительного вещества учитывали методом монолитов до глубины 20 см, учет велся в рядах и междурядьях [2]. Из этих же прикопок отбирали пробы почвы для определения содержания органического вещества. Всего было три срока учета: июнь, июль, август; отбор всех образцов производился в 6-кратной повторности.

Отмытое подземное растительное вещество фракционировали на корни (R), крупную мортмассу  $> 0,5$  мм, мелкую мортмассу  $< 0,5$  мм (лабильное ОВ) доводили до воздушно-сухого состояния, взвешивали и определяли запасы. Влажность растительных остатков определяли термовесовым методом, содержание в них углерода – методом Анстета, содержание азота и фосфора в растительных образцах – по методу Гинзбурга и Щегловой колориметрически, калия – пламеннофотометрически. Содержание общего

кальция – с помощью инфракрасной спектрофотометрии.

Содержание углерода гумуса ( $C_{\text{гумуса}}$ ) в почвенных образцах определяли микрохромовым методом И.В. Тюрина. В составе подвижного органического вещества ( $C_{\text{пов}}$ ): водорастворимое ( $C_{\text{H}_2\text{O}}$ ) – методом бихроматной окисляемости, щелочегидролизуемое ( $C_{\text{NaOH}}$ ) – в 0,1 н. NaOH – вытяжке по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [1].

**Результаты исследований.** Источниками легкоминерализуемого ОВ в почвах агроэко-

систем являются запасы крупной мортмассы и отмирающие корни растений. Запасы крупной мортмассы ( $> 0,25$  мм) постепенно увеличивались в течение вегетации от 0,32 до 3,2 т/га в агроэко системе кукурузы и от 0,21 до 8,2 т/га в агроэко системе подсолнечника (рис. 1). В среднем за вегетацию запас крупной мортмассы в агроэко системе кукурузы был 2 т/га, в агроэко системе подсолнечника – 3,3 т/га, что составило 17–20 % от всех запасов подземного растительного вещества.

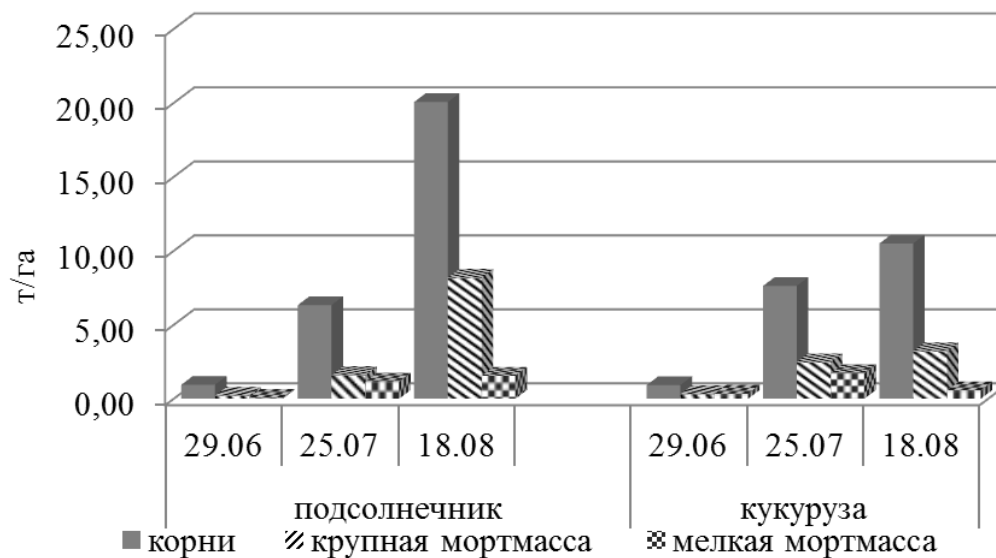


Рис. 1. Динамика запасов подземного растительного вещества, т/га, в слое 0–20 см

Самую большую долю в структуре подземного растительного вещества занимали корни культур, их запас в среднем за вегетационный сезон в агроэко системе кукурузы составил 6,3 т/га, в агроэко системе подсолнечника – 9,1 т/га, или 76 % от всех запасов растительного вещества в слое почвы 20 см.

После уборки урожая в верхнем слое почвы в агроэко системе кукурузы остается около 13 т/га, в агроэко системе подсолнечника – 28 т/га растительных остатков, состоящих из корней и крупной мортмассы.

Мелкая мортмасса ( $< 0,25$  мм), или лабильное ОВ, формируется из крупной мортмассы и отмирающих корней постепенно, это частично гумифицированные растительные остатки, или детрит. Запасы мелкой мортмассы значительно

варьировали в течение вегетации от 0,34 до 1,75 т/га в агроэко системе кукурузы и от 0,07 до 1,55 т/га в агроэко системе подсолнечника. В изученных агроэко системах минимальный запас мелкой мортмассы был в конце июня и составил 0,34 и 0,07 т/га соответственно. Это связано с рядом причин, во-первых, в почве был небольшой запас мортмассы после зерновых предшественников. Во-вторых, предпосевная обработка почвы, ее аэрация, нарастание температур и хорошие тепло и влагообеспеченность в начале вегетации (ГТК в мае 2015 г. составлял 1,1) привели к активизации микробиологической деятельности в почве, в результате чего запасы мелкой мортмассы сократились до минимума. Сходные закономерности были выявлены ранее рядом ученых [4, 6, 9, 10].

Максимальный запас мелкой мортмассы в агроэкосистеме кукурузы был во второй половине июля – 1,75 т/га, в агроэкосистеме подсолнечника – в середине августа – 1,55 т/га, что связано с прополкой сорняков и переходом их остатков в подземную часть. В среднем за вегетацию в структуре подземного растительного вещества запасы мелкой мортмассы составили всего 0,9 т/га, или 5–7 % от всех запасов. И так, мелкая мортмасса может одновременно пополняться за счет новых порций свежего опада и активно участвовать в процессах минерализации и гумификации, поэтому ее запасы в почвах изученных агроэкосистем оказались небольшими.

Органическое вещество почвы, хотя и включает мелкие растительные остатки, но в основном состоит из гумуса, который разделяется на стабильное ядро и периферическую часть. Стабильная часть гумуса состоит из веществ специфической природы (циклических соединений углерода), прочно сорбированных глинистыми минералами и (или) связанными с ионами металлов [3]. Углерод ядра гумуса практически не

минерализуется и является основным его хранилищем в почве.

Периферическая часть молекулы гумусовых веществ включает углерод подвижного органического вещества ( $C_{пов}$ ), количественно соответствующее водорастворимым и щелочегидролизуемым соединениям углерода. Эти соединения довольно быстро подвергаются минерализации и принимают непосредственное участие в круговороте углерода и питании растений. Исходя из этого, более важную роль в создании эффективного почвенного плодородия играют подвижные гумусовые вещества, которые способны вовлекаться в минерализационный поток и одновременно в процессах гумификации пополнять стабильную часть гумуса.

Наибольший запас и концентрация углерода и наименьший коэффициент вариации были в гумусе ( $C_{гумуса}$ ) агрочернозема (табл. 1). Запасы углерода гумуса в агрочерноземе составили 67,2 т/га, варьирование в течение вегетации было незначительным – 12 %.

Таблица 1

Варьирование запасов углерода гумусовых веществ агрочернозема в течение вегетации, т/га

| Статистический показатель | $C_{H_2O}$ | $C_{NaOH}$ | $C_{гк}$ | $C_{фк}$ | $C_{гумуса}$ |
|---------------------------|------------|------------|----------|----------|--------------|
| Кукуруза                  |            |            |          |          |              |
| Минимум                   | 0,47       | 14,04      | 7,49     | 6,55     | 55,62        |
| Максимум                  | 0,52       | 35,64      | 11,98    | 25,61    | 78,49        |
| Средняя (n=36)            | 0,49       | 22,78      | 9,83     | 12,95    | 67,23        |
| Стандартное отклонение    | 0,02       | 8,57       | 1,56     | 8,44     | 8,01         |
| Ошибка средней            | 0,01       | 4,29       | 0,78     | 4,22     | 4,30         |
| Коэффициент вариации, %   | 3,48       | 37,63      | 15,90    | 65,19    | 11,90        |
| Подсолнечник              |            |            |          |          |              |
| Минимум                   | 0,70       | 13,48      | 6,86     | 6,36     | 55,22        |
| Максимум                  | 0,78       | 16,36      | 9,22     | 7,14     | 78,10        |
| Средняя (n=36)            | 0,75*      | 14,52*     | 7,73     | 6,79*    | 67,23        |
| Ошибка средней            | 0,03       | 1,22       | 0,99     | 0,28     | 8,00         |
| Стандартное отклонение    | 0,01       | 0,61       | 0,49     | 0,14     | 4,00         |
| Коэффициент вариации, %   | 3,95       | 8,43       | 12,80    | 4,18     | 11,90        |
| НСР <sub>0,5</sub>        | 0,21       | 7,06       | 6,21     | 4,89     | 2,8          |

\* Различия статистически достоверны.

Таким образом, общая концентрация  $C_{\text{гумуса}}$  в агрочерноземе была одинаковой при возделывании данных культур, а вот концентрация углерода подвижной части гумусовых веществ достоверно отличалась в агроэкосистеме подсолнечника и кукурузы.

Запасы углерода водорастворимого гумуса ( $C_{H_2O}$ ) в агрочерноземе при возделывании данных культур незначительные. Средний запас  $C_{H_2O}$  в почве при возделывании кукурузы был 0,49; при возделывании подсолнечника – 0,75 т/га. В течение вегетации 2015 г. вариабельность содержания водорастворимого углерода низкая, на уровне 3–4 %. В начале вегетации запасы углерода водорастворимого органического вещества в почве незначительно увеличиваются, вслед за увеличением запасов свежего растительного опада и снижением запасов

мелкой мортмассы (рис. 2). Максимальный запас  $C_{H_2O}$  обнаружен в конце июля в агроэкосистеме подсолнечника – 0,78 т/га.

Возможно, различия в запасах водорастворимого ОВ в агроценозах связаны с влажностью почвы (табл. 2). В агроэкосистеме кукурузы влажность почвы была в среднем на 5–8 % выше, чем в агроэкосистеме подсолнечника. Следовательно, часть водорастворимых гумусовых веществ могла вымываться из почвы и (или) участвовать в процессах дальнейшей трансформации органического вещества при активном участии микроорганизмов. В конце вегетации запасы углерода водорастворимого гумуса снижаются в данных агроэкосистемах из-за увеличения количества осадков и снижения активности микрофлоры [8].

Таблица 2

## Влажность почвы в слое 0–20 см, %

| Культура     | Июнь   | Июль     | Август   |
|--------------|--------|----------|----------|
| Кукуруза     | 29±2,3 | 19,6±1,8 | 32,6±2,9 |
| Подсолнечник | 20±1,9 | 15,4±2,0 | 30,1±1,3 |

Запасы углерода новообразованных гуминовых кислот в изученных агроэкосистемах были достаточно стабильными во времени, коэффициент вариации составлял около 12–16 %. Максимальный запас углерода гуминовых кислот был в июле и составил в агроэкосистеме кукурузы около 12 т/га, в агроэкосистеме подсолнечника – 9 т/га.

В агроэкосистеме кукурузы существенную вариабельность в течение вегетации имели запасы углерода фульвокислот (до 65 %). В мае они составляли около 7 т/га, а в середине августа возросли до 26 т/га. Образование фульвокислот и существенное увеличение их запасов в почве можно объяснить химическим составом растительных остатков кукурузы и особенно корней, которые содержат больше, по сравнению с подсолнечником, водорастворимых органических компонентов, а также клетчатку [7]. Вместе с тем, по нашим данным, содержание азота и кальция в растительных остатках кукурузы достоверно ниже (табл. 3) по сравнению с растительными остатками подсолнечника.

В агроэкосистеме подсолнечника в течение всей вегетации запасы углерода фульвокислот были на уровне 6–7 т/га.

Фульвокислоты – наиболее подвижная часть новообразованного гумуса, они имеют более низкую молекулярную массу, способны растворяться в воде.

Известно, что подсолнечник иссушает почву, возможно, это стало причиной снижения запасов углерода фульвокислот в почве при возделывании подсолнечника.

Отношение  $C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}$  в изученных агроэкосистемах в среднем за вегетацию составило 1,1. Однако в конце вегетации в агроэкосистеме кукурузы оно существенно сузилось и стало равным 0,4.

Таким образом, при прочих равных почвенно-климатических условиях, интенсивность и характер разложения мортмассы микроорганизмами и формирование пула подвижного органического вещества определяет не только само количество остатков, но и биологические и химические особенности пропашных культур (особенно корневых остатков), содержание в них углерода, азота и других химических элементов и соединений.

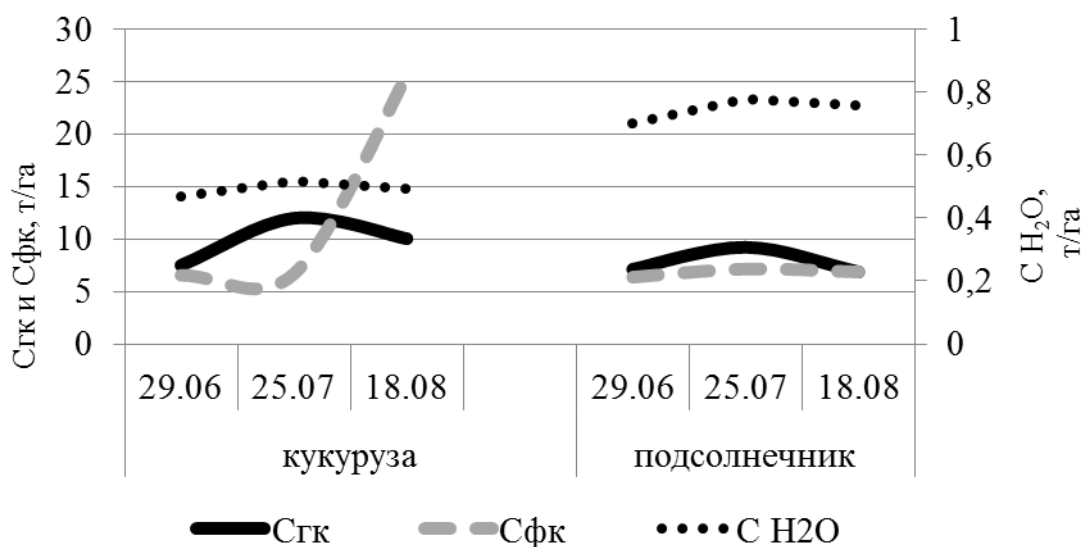


Рис. 2. Динамика запасов подвижного гумуса:  
 $C_{гк}$  – углерод новообразованных гуминовых кислот;  $C_{фк}$  – углерод новообразованных фульвокислот,  $C_{H_2O}$  – углерод водорастворимого гумуса, т/га

Обобщая результаты исследований, можно выделить главные особенности. Наибольший запас углерода подвижного органического вещества почвы был в составе щелочногидролизуемых гумусовых веществ. Однако запасы  $C_{NaOH}$  имели существенные различия в изучен-

ных агроэкосистемах. В агроэкосистеме кукурузы запасы  $C_{NaOH}$  были 22,8 т/га, в агроэкосистеме подсолнечника – 14,5 т/га. Сезонное варьирование  $C_{NaOH}$  в агроэкосистеме кукурузы высокое – 37,6 %, в агроэкосистеме подсолнечника низкое – 8,4 %.

Таблица 3

**Химический состав растительных остатков**

| Фракция растительного вещества | Влажность, % | Содержание в сухом веществе, % |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------|--------------------------------|------|------|------|------|
|                                |              | C                              | N    | P    | K    | Ca   |
| Кукуруза                       |              |                                |      |      |      |      |
| Фитомасса                      | 85,6         | 46,1                           | 0,36 | 0,18 | 2,7  | 0,12 |
| Корни                          | 72,1         | 41,4                           | 0,16 | 0,09 | 0,70 | 0,23 |
| Крупная мортмасса              | 52,4         | 41,1                           | 0,20 | 0,05 | 0,29 | 0,15 |
| Мелкая мортмасса               | 37,1         | 35,7                           | 0,14 | 0,04 | 0,09 | 0,18 |
| Подсолнечник                   |              |                                |      |      |      |      |
| Фитомасса                      | 78,4         | 43,2                           | 0,38 | 0,17 | 2,4  | 0,36 |
| Корни                          | 65,8         | 42,3                           | 0,18 | 0,05 | 0,76 | 0,43 |
| Крупная мортмасса              | 41,8         | 41,7                           | 0,25 | 0,06 | 0,19 | 0,29 |
| Мелкая мортмасса               | 35,9         | 38,4                           | 0,13 | 0,04 | 0,08 | 0,22 |
| НСР <sub>0,5</sub>             | 6,5          | 1,06                           | 0,07 | 0,02 | 0,09 | 0,08 |

Это говорит о появлении специфических условий трансформации растительных остатков кукурузы и подсолнечника, связанные с тем, что у кукурузы мочковатая, разветвленная и многоярусная корневая система, а у подсолнечника

стержневая, уходящая на большую глубину. Закрепление новообразованных гуминовых кислот в почве и переход их в состав стабильной части гумуса при возделывании подсолнечника можно объяснить химическим составом опада корней,

которые содержат большое количество клетчатки и кальция, а также иссушающим действием корней подсолнечника на почву.

Результаты исследований показывают, что средний запас углерода гумуса в почве при возделывании кукурузы и подсолнечника составил

67,2 т/га. Из этого количества запасы углерода стабильного гумуса в агроэcosysteme кукурузы составили 44 т/га, или 61 %, в агроэcosysteme подсолнечника – 52 т/га, или 72 % от всего запаса углерода органического вещества (рис. 3).

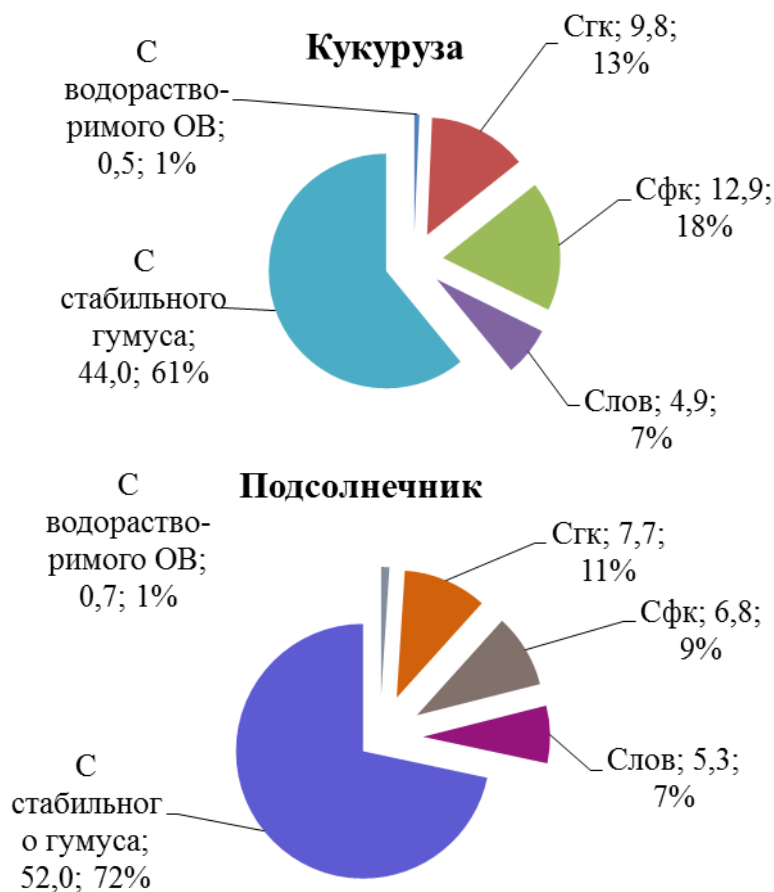


Рис. 3. Структура запасов углерода гумусовых веществ, т/га и % от  $C_{орг}$  (для слоя почвы 0–20 см)

Запасы углерода подвижного гумуса в агроэcosysteme кукурузы были 23,2 т/га, или 22 % от  $C_{орг}$ , в агроэcosysteme подсолнечника – 15,3 т/га, или 21 % от  $C_{орг}$ . На долю углерода лабильного органического вещества в агроэcosysteme кукурузы пришлось 4,9 т/га, в агроэcosysteme подсолнечника – 5,3 т/га, что составило 7 % от  $C_{орг}$ .

В составе щелочегидролизуемого углерода гумуса в агроэcosysteme кукурузы преобладал углерод новообразованных фульвокислот, его запасы составили 12,9 т/га, или 18 % от  $C_{орг}$ . Запасы углерода новообразованных гуминовых кислот оказались 9,8 т/га, или 13 % от  $C_{орг}$ . В

составе щелочегидролизуемого углерода гумуса в агроэcosysteme подсолнечника преобладал углерод новообразованных гуминовых кислот, его запасы составили 7,7 т/га, или 11 % от  $C_{орг}$ . Запасы углерода новообразованных фульвокислот оказались 6,8 т/га, или 9 % от  $C_{орг}$ . Запас водорастворимых форм углерода в черноземе при возделывании кукурузы и подсолнечника составил 1 % от  $C_{орг}$ .

Таким образом, в агроэcosysteme кормовых культур главным источником легкоминерализуемого органического вещества (ЛМОВ) почвы являются пожнивные остатки растений и их корни. Изменения влажности и температуры

почвы в течение вегетации, разный химический состав поступающих на разложение растительных остатков определяют концентрацию подвижного органического вещества и соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  в новообразованном гумусе.

### Выводы

1. В структуре надземного растительного вещества в агроэкосистемах кукурузы и подсолнечника преобладала фитомасса культуры, в среднем ее запасы были 13,8 и 23,7 т/га соответственно. После уборки зеленой массы запасы подземного растительного вещества в слое 20 см составили 22,3 т/га в агроэкосистеме кукурузы и 39,8 т/га в агроэкосистеме подсолнечника.

2. В структуре подземного растительного вещества в изученных агроэкосистемах преобладали запасы корней, в агроэкосистеме кукурузы их запас в среднем составил около 9 т/га, или 34 %, в агроэкосистеме подсолнечника – 12,5 т/га, или 30 % от общего запаса растительного вещества.

3. Средний запас углерода гумуса в почве при возделывании кукурузы и подсолнечника составил 67,2 т/га, из этого количества в агроэкосистеме кукурузы запасы углерода стабильного гумуса составили 44 т/га, или 61 %, в агроэкосистеме подсолнечника – 52 т/га, или 72 % от всего запаса углерода органического вещества.

4. Запасы углерода подвижного гумуса в агроэкосистеме кукурузы были 23 т/га, или 22 %, в агроэкосистеме подсолнечника – 15 т/га, или 21 % от  $C_{орг}$ . На долю углерода лабильного органического вещества в изученных агроэкосистемах в среднем приходилось 7 % от  $C_{орг}$ , или 5 т/га.

5. В составе щелочегидролизуемого углерода гумуса в агроэкосистеме кукурузы преобладал углерод новообразованных фульвокислот, его запасы составили 12,9 т/га, или 18 % от  $C_{орг}$ . Запасы углерода новообразованных гуминовых кислот оказались 9,8 т/га, или 13 % от  $C_{орг}$ . Отношение  $C_{гк}/C_{фк}$  было 0,8, тип новообразованного гумуса – гуматно-фульватный.

6. В составе щелочегидролизуемого углерода гумуса в агроэкосистеме подсолнечника преобладал углерод новообразованных гуминовых

кислот, его запасы составили 7,7 т/га, или 11 % от  $C_{орг}$ . Запасы углерода новообразованных фульвокислот оказались 6,8 т/га, или 9 % от  $C_{орг}$ . Отношение  $C_{гк}/C_{фк}$  было 1,1; тип новообразованного гумуса – фульватно-гуматный.

7. Динамика щелочерастворимых компонентов новообразованного гумуса показывает существенную вариабельность концентрации углерода фульвокислот (до 65 %) в агроэкосистеме кукурузы. Динамика запасов углерода новообразованных гуминовых кислот в изученных агроэкосистемах была не выражена, коэффициент вариации составил 12–16 %.

### Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* и др. Методы изучения биологического круговорота в разных природных зонах. – М.: Мысль, 1978. – 182 с.
3. *Гиниятуллин, К.Г., Шинкарев А.А. (мл.), Шинкарев А.А.* и др. Связывание органического вещества в устойчивую к окислению форму при взаимодействии глинистых минералов с растительными остатками // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1249–1264.
4. *Козут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А.* Водпрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. – 2012. – № 5. – С. 555–561.
5. *Семенов В.М., Козут Б.М.* Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
6. *Тейт Р.* Органическое вещество почв. Биологические и экологические аспекты: пер. с англ. – М: Мир, 1991. – 400 с.
7. *Брылев С.В., Шпагин А.И., Ситейкин С.В.* и др. Технологические регламенты на возделывание и заготовку растительных кормов из однолетних и многолетних культур с высоким содержанием обменной энергии и питательных веществ / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 58 с.
8. *Тулина, А.С., Семенов В.М., Розанова Л.Н.* и др. Влияние влажности на стабильность органического вещества почв и раститель-



- ных остатков // Почвоведение. – 2009. – № 11. – С. 1333–1340.
9. Чупрова В.В., Люкшина И.В. и др. Запасы и динамика легкоминерализуемой фракции органического вещества в почвах Средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2003. – № 3. – С. 65–73.
  10. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В. и др. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 473–479.

### Literatura

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.
2. Bazilevich N.I., Titljanova A.A. i dr. Metody izuchenija biologicheskogo krugovorota v raznyh prirodnyh zonah. – M.: Mysl', 1978. – 182 s.
3. Ginijatullin, K.G., Shinkarev A.A. (ml.), Shinkarev A.A. i dr. Svjazivanie organicheskogo veshhestva v ustojchivuju k oksigeniju formu pri vzaimodejstvii glinistyh mineralov s rastitel'nymi ostatkami // Pochvovedenie. – 2010. – № 10. – С. 1249–1264.
4. Kogut B.M., Sysuev S.A., Holodov V.A. Vodoprochnost' i labil'nye gumusovye veshhestva tipichnogo chernozema pri raznom zemlepol'zovanii // Pochvovedenie. – 2012. – № 5. – С. 555–561.
5. Semenov V.M., Kogut B.M. Pochvennoe organicheskoe veshhestvo. – M.: GEOS, 2015. – 233 s.
6. Tejt R. Organicheskoe veshhestvo pochv. Biologicheskie i jekologicheskie aspekty: per. s angl. – M: Mir, 1991. – 400 s.
7. Brylev S.V., Shpagin A.I., Sitejkin S.V. i dr. Tehnologicheskie reglamenti na vzdelyvanie i zagotovku rastitel'nyh kormov iz odnoletnih i mnogoletnih kul'tur s vysokim sodержaniem obmennoj jenergii i pitatel'nyh veshhestv / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2014. – 58 s.
8. Tulina, A.S., Semenov V.M., Rozanova L.N. i dr. Vlijanie vlazhnosti na stabil'nost' organicheskogo veshhestva pochv i rastitel'nyh ostatkov // Pochvovedenie. – 2009. – № 11. – С. 1333–1340.
9. Chuprova V.V., Ljukshina I.V. i dr. Zapasy i dinamika legkomineralizuemoj frakcii organicheskogo veshhestva v pochvah Srednej Sibiri // Vestn. KrasGAU. – 2003. – № 3. – С. 65–73.
10. Sharkov I.N., Samohvalova L.M., Mishina P.V. i dr. Vlijanie pozhnivnyh ostatkov na sostav organicheskogo veshhestva chernozema vyshhelochennogo v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Pochvovedenie. – 2014. – № 4. – С. 473–479.

