

## УРОЖАЙ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЯЧМЕНЯ И КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

А. И. КАРПУХИН, В. А. ФРИС, Л. В. ПОЛЕНОВА

(Кафедра почвоведения)

Органическое вещество, в частности гумус, играет особую роль в создании плодородия почв. Почвенное плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур издавна связывали с содержанием гумуса на основании практических выводов земледелия [12].

Влияние гумуса на плодородие многогранно. От содержания, запаса и состава гумуса зависят водно-физические, физико-технологические, химические и биологические свойства почвы [2, 3, 9, 12]. Гумус, минерализуясь, представляет растениям необходимые элементы питания. Вместе с тем гумусовые вещества непосредственно могут поступать в растения, оказывая физиологическое воздействие на рост и развитие сельскохозяйственных культур [13]. Эти вещества способны активно влиять на физиологические и биохимические процессы растительного организма, в малых дозах они стимулируют образование корней, увеличивают проницаемость растительных мембран, что важно для более эффективного поступления в растения воды и питательных веществ, а также активизируют их ферментативные системы и т. д. [13, 14].

В условиях интенсивного земледелия особое значение приобретает способность гумуса снимать отрицательное действие на растения высоких и сверхвысоких норм минеральных удобрений, что дает возможность планировать резкое повышение урожайности за счет минеральных удобрений [8].

Имеется достаточно большое количество работ, в которых установлена зависимость урожая от запасов гумуса в почве [2, 3, 5, 8, 11, 12 и др.]. Так, в условиях Венгрии [3] урожай зерна пшеницы практически прямолинейно зависел от концентрации гумуса в почвах: при повышении содержания гумуса в пахотном горизонте на 1 % прибавка урожая зерна составляла 0,9—1,0 ц/га. При увеличении содержания гумуса в супесчаных дерново-подзолистых почвах с 1 до 2,2 % без минеральных удобрений урожайность озимой ржи возрастала с 14,9 до 19,8 ц/га, а в варианте 60N60P60K — с 21,6 до 29,3 ц/га [5—7]. Однако связь между содержанием, запасами гумуса и урожайностью сельскохозяйственных культур мало изучена. М. М. Кононова с соавторами [4] указывает на отсутствие в литературе данных о научно обоснованном необходимом уровне содержания гумуса в почвах разных типов и разной степени окультуренности и единого мнения о связи между содержанием гумуса и урожайностью сельскохозяйственных культур, на недостаточную изученность роли отдельных компонентов гумуса в повышении урожайности, противоречивость взглядов на связь между указанными показателями. В ряде работ [2, 3, 9 и др.] отмечается важность выявления в каждой почве минимального содержания гумуса, при котором обеспечивается высокая эффективность других мер по повышению урожайности сельскохозяйственных культур при меньших затратах средств.

Нами проводились вегетационный и полевой опыты с целью выявления зависимости урожая зеленой массы кукурузы и ячменя от содержания и запасов гумуса в почве. Объектами исследования служили дерново-подзолистые среднесуглинистые пахотные почвы ОПХ «Ермолино» Дмитровского района Московской области, различающиеся по содержанию гумуса.

Результаты анализа почв опытного участка

Горизонт	Гумус по Тюрину, %	pH <sub>вод</sub>	pH <sub>сол</sub>	Обменные основания, мг-экв		Подвижные формы, мг/100 г				
				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe	Mn	Zn
Разрез 1										
A <sub>пах</sub>	1,46	6,3	5,3	6,5	1,7	8,5	7,5	1,4	1,6	0,19
A <sub>2</sub> B	0,48	5,2	4,1	5,6	2,5	7,2	7,5	7,8	1,5	0,11
B	0,09	6,0	5,0	5,8	3,4	6,8	9,0	7,9	0,0	0,10
Разрез 2										
A <sub>пах</sub>	6,71	6,5	5,8	17,1	10,2	14,1	18,2	17,2	1,8	0,30
A <sub>2</sub> B	0,79	5,6	4,9	7,2	8,3	10,3	8,4	1,5	1,1	0,13
B	0,08	6,2	5,5	9,1	7,0	6,5	9,7	1,1	1,0	0,11

Физико-химическая характеристика почв, наиболее значительно различающихся по содержанию гумуса, представлена в табл. 1.

Вегетационный опыт проводили на кафедре почвоведения Тимирязевской академии с ячменем сорта Эльгина и кукурузой сорта ЗПТК-243 в сосудах объемом 1000 см<sup>3</sup>. Схема опыта: 1-й вариант — 1 % гумуса, 2-й — 2, 3-й — 2,5, 4-й — 3, 5-й вариант — 4 % гумуса. Различное содержание гумуса в вариантах опыта создавалось путем смешивания двух почв (табл. 1) и почвообразующей породы.

Повторность опыта 5-кратная. Семена ячменя проращивали двое суток, кукурузы — трое. Выращивали растения в течение трех недель со дня появления всходов. В процессе вегетации устанавливали начало появления всходов, высоту побегов и растений, время появления 1, 2 и 3-го листа, длину каждого листа. В конце опыта измеряли длину корневой системы и надземной частей растений, а также определяли содержание сухого вещества в надземной массе в корнях.

Полевой опыт проводили в 1981 г. с кукурузой сорта ЗПТК-243 (югославская, среднеспелая) на площади 45 га.

Среднемесячная температура в вегетационный период (май — сентябрь) в 1981 г. составила 17,6°. Следует отметить неравномерность выпадения осадков в течение вегетационного периода. В мае — июле количество осадков было на 73,2 мм меньше среднегодового, в связи с этим вегетационный период 1981 г. можно отнести к засушливому.

В опыте использовали метод учетных площадок [1], размер которых 18 м<sup>2</sup> (5 рядков растений по 6 м длиной). Всего заложено 129 учетных площадок на пересечении сторон отдельных квадратов, на которые был разбит весь массив. При определении урожайности на площадках отбирали почвенные образцы из горизонтов A<sub>пах</sub> и A<sub>2</sub> или A<sub>2</sub>B. Смешанные образцы составляли из 5 индивидуальных образцов, равномерно взятых с каждой учетной площади.

Образцы брали из пахотного горизонта перед массовой уборкой кукурузы на силос в фазу молочно-восковой спелости. В них определяли содержание гумуса по Тюрину в модификации Симакова, pH<sub>вод</sub> и pH<sub>сол</sub> — потенциометрическим методом, Ca и Mg — комплексометрическим методом, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub> — по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, Fe, Mn, Zn — в водной вытяжке на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Рост исследуемых культур в вегетационном опыте во многом зависел от количества гумуса в почве. Увеличение содержания гумуса в почве положительно сказывалось на росте надземной части и корней ячменя, при этом возрастало содержание сухого вещества (табл. 2). Самые меньшие высота растений, длина корней и сбор сухого вещества в надземной и подземной частях растений были в 1-м варианте.

Рост ячменя и кукурузы в зависимости от содержания гумуса в почве  
(вегетационный опыт)

Вариант опыта	Высота расте- ний, см	Длина корней, см	Содержание сухого вещества, г	
			надземная часть	корни
Ячмень				
1	10,5	4,3	0,44	0,21
2	10,1	6,7	0,47	0,23
3	13,5	11,7	0,79	0,31
4	14,5	10,8	0,78	0,30
5	14,8	11,9	0,80	0,32
Кукуруза				
1	33,1	10,8	12,27	8,55
2	35,7	14,2	16,97	8,63
3	39,3	12,6	17,84	6,85
4	36,1	15,6	17,61	6,29
5	39,8	12,4	20,25	5,60

Лучше растения развивались в 5-м варианте. Их высота была на 4,35 см (НСР=2,21), длина корней — на 7,54 см (НСР=3,38), содержание сухого вещества в надземной части — на 361 мг больше (НСР=51,45 мг), чем в 1-м варианте. Растения 5-го варианта по показателю роста существенно превосходили растения 1-го и 2-го вариантов. Различия между 3, 4 и 5-м вариантами были незначительные.

Содержание гумуса в почве в еще большей мере сказалось на развитии кукурузы (табл. 2). При увеличении количества гумуса в почве растения развивались более интенсивно. Высота кукурузы и содержание сухого вещества в надземной массе были наибольшими в 5-м варианте. Различия по этим показателям по сравнению с растениями 1-го варианта составили соответственно 6,7 см (НСР=2,72) и 8 г (НСР=3,8). Различия между вариантами по развитию корневой системы находились в пределах ошибки опыта.

Как высота растений, так и сухая масса кукурузы резко увеличивались при содержании гумуса в почве 2,5 %.

В полевом опыте на опытном участке урожай зеленой массы кукурузы изменялся от 160,4 до 575,5 ц на 1 га. Достаточно большие колебания выявлены в содержании гумуса (1,4—6,9 %) и мощности гумусового горизонта (16—27 см).

Поскольку различия в содержании гумуса в  $A_{\text{пах}}$  всего опытного участка были весьма значительные, тогда как различия по другим наиболее важным физико-химическим показателям ( $pH_{\text{вод}}$  и  $pH_{\text{сол}}$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  и др.) не столь большие (обусловлены неодинаковым содержанием органического вещества в исследуемых почвах), можно предположить, что основные изменения урожая связаны с изменением содержания гумуса.

Содержание гумуса в подпахотных горизонтах ( $A_2$ ,  $A_2B$ ) по всему полю изменялось в пределах 0,20—0,78 % от массы почвы. Так как содержание гумуса в подпахотных горизонтах колебалось менее значительно, чем в пахотном, то в первом случае этот показатель будет оказывать меньшее влияние на урожай зеленой массы кукурузы, чем во втором.

О достоверной зависимости урожая от количества гумуса в почве и его запасов можно судить по максимуму данных о содержании гумуса при мощности  $A_{\text{пах}}$  20 см и о его запасах при содержании гумуса 2,2 %. Данные о содержании гумуса в почве были объединены в следующие группы: 1-я — 2 %, 2-я — 3, 3-я — 4, 4-я — 5, 5-я — 6, 6-я — 7 %, о запасах гумуса — соответственно 50,3 т/га; 56,7; 62,9; 69,3; 75,6; 81,9 т/га (16, 18, 20, 22, 24, 26 см). При построении графиков по оси ординат

откладывали данные об урожайности — зависимая переменная, по оси абсцисс — данные о содержании гумуса или его запасах — независимые переменные (рис. 1 и 2). Точки для нанесения на график были взяты путем расчета распределения показателей средней урожайности в координатном поле.

Кривая зависимости урожая зеленой массы кукурузы и содержания гумуса в почве для мощности  $A_{\text{пах}}$  20 см носит параболический характер. При увеличении содержания гумуса от 1—2 до 6—7 % урожайность кукурузы возрастает от 300 до 480 ц/га (НСР=34,7), т. е. повышение количества гумуса в почве на 5 % приравнивается к прибавке урожая зеленой массы кукурузы, составляющей 180 ц/га.

Наиболее значительная прибавка урожая наблюдается при увеличении содержания гумуса в почве от 1—2 до 2—3 %, т. е. повышение со-

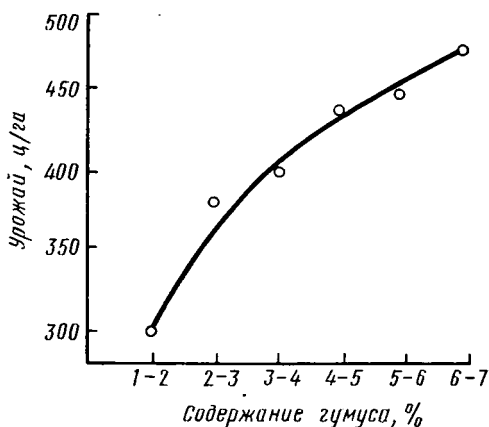


Рис. 1. Урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания гумуса в почве.

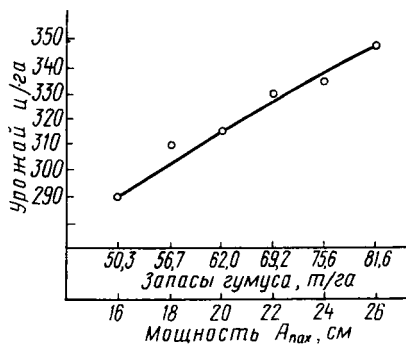


Рис. 2. Урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от запасов гумуса в пахотном слое.

держания гумуса на 1 % соответствует прибавке урожая зеленой массы кукурузы 80 ц/га. В дальнейшем при каждом последующем увеличении количества гумуса на 1 % прибавка урожая в среднем составляет 25 ц/га. Получение достаточно большого урожая (300 ц/га) зеленой массы кукурузы возможно при содержании гумуса всего 1—2 %.

Зависимость урожайности кукурузы от мощности пахотного горизонта при постоянном содержании в нем гумуса (2,2 %) хорошо прослеживается на рис. 2. Зависимость между урожаем зеленой массы кукурузы и мощностью пахотного горизонта в интервале от 16 до 26 см носит прямолинейно-пропорциональный характер. При увеличении мощности пахотного горизонта от 16 до 26 см урожайность кукурузы возрастает от 290 до 350 ц/га (НСР=21,5), т. е. повышение мощности пахотного горизонта на 2 см вызывает увеличение урожая в среднем от 10 до 15 ц/га.

Рассматривать в отдельности влияние содержания гумуса и мощности пахотного горизонта на урожайность кукурузы недостаточно, а в сопоставлении это сделать сложно, так как трудно представить общую картину зависимости урожайности изучаемой культуры от общих запасов гумуса в пахотном горизонте с учетом его мощности и содержания в нем гумуса. В табл. 3 приведены данные о запасах гумуса при постоянной мощности пахотного горизонта и варьировании содержания гумуса, а в табл. 4 — при постоянном содержании гумуса и варьировании его мощности. Кроме того, в обеих таблицах представлены данные о прибавке урожая зеленой массы на 1 т вновь возрастающего содержания гумуса. Последний показатель, по нашему мнению, при достаточном количестве материала о зависимости урожайности той или иной культуры от содержания гумуса в почве и мощности пахотного горизонта может служить обобщающим показателем влияния запасов

Урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания и запасов гумуса  
( $A_{\text{пах}}$  20 см)

Вариант опыта	Плотность почвы, г/см	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса, т/га	Урожай, ц/га	Прибавка урожая на 1 т гумуса, ц/га
1	1,40	1—2	42,0	300	—
2	1,21	2—3	60,5	380	4,3
3	1,15	3—4	80,5	400	2,6
4	1,08	4—5	97,2	440	2,5
5	1,03	5—6	113,3	450	2,1
6	0,99	6—7	128,7	480	2,0

Т а б л и ц а 4

Урожай зеленой массы кукурузы в зависимости от мощности пахотного горизонта  
(содержание гумуса 2,2 %)

Вариант опыта	Мощность $A_{\text{пах}}$ , см	Запасы гумуса, т/га	Урожай, ц/га	Прибавка урожая на 1 т гумуса, ц/га
1	16	50,3	290	—
2	18	56,7	310	3,1
3	20	62,9	315	2,0
4	22	69,2	330	2,1
5	24	75,6	335	1,8
6	26	81,9	350	1,9

гумуса на урожай и давать представление о наиболее эффективном пути наращивания плодородия почвы за счет увеличения запасов гумуса в пахотном горизонте под ту или иную культуру. Другими словами, этот показатель может служить ориентиром выбора наиболее оптимального соотношения мощности пахотного горизонта и содержания в нем гумуса при повышении плодородия почвы за счет увеличения запасов гумуса для той или иной культуры или ряда культур.

Из табл. 3 и 4 видно, что при меньшем запасе гумуса — 80,5 т/га, мощности пахотного горизонта 20 см и содержании в нем гумуса 3,5 % (среднее по группе 3—4 %) урожай составил 400 ц/га, тогда как при большем запасе в пахотном горизонте — 81,9 т/га, но при его мощности 26 см и содержании в нем гумуса 2,2 % — 350 ц/га. Прибавка урожая на 1 т гумуса была несколько больше при увеличении запасов гумуса за счет его содержания, чем при увеличении запасов гумуса за счет наращивания мощности пахотного горизонта, что может быть частично объяснено лучшей усвояемостью питательных веществ при большей их концентрации в пахотном горизонте.

### Выводы

1. В полевом и вегетационном опытах увеличение содержания гумуса в почве приводило к повышению урожайности кукурузы и ячменя.

2. Зависимость урожайности изучаемых культур от содержания гумуса в почве носит параболический характер. Наиболее резко возростала урожайность обеих культур в вегетационном и в полевом опытах при увеличении содержания гумуса в почве от 1 до 3 %.

3. При увеличении содержания гумуса от 1—2 до 6—7 % урожай зеленой массы кукурузы возрастал от 300 до 480 ц/га. В результате повышения запасов гумуса от 50,3 до 81,9 т/га урожай зеленой массы кукурузы возрастал с 290 до 350 ц/га.

4. Урожай зеленой массы кукурузы при одинаковом запасе гумуса в пахотном горизонте, но при разных его мощности и содержании гумуса был больше на почвах с меньшим по мощности пахотным горизонтом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979, с. 262—271.
2. Егоров В. В. Теория и практика повышения плодородия почв. — В кн.: Значение почвенных исследований в решении Продовольственной программы. Тбилиси: Продовольственной программы. Тбилиси: 1981, с. 4—24.
3. Ковда В. А. Советское почвоведение на службе сельского хозяйства СССР. Тбилиси: 1981, с. 106.
4. Кононова М. М., Александрова И. В., Титова Н. А. Развитие исследований в области изучения органических веществ пахотных почв. — Почвоведение, 1979, № 4, с. 151—155.
5. Кулаковская Т. Н. Значение сельскохозяйственных показателей при оценке плодородия почв. — Тр. Белорус. ин-та почвоведения. Минск: Урожай, 1964, т. 3, с. 18—41.
6. Кулаковская Т. Н. X Межд. конгр. почвоведов. Плодородие почв и качество урожая, т. 4, с. 100—107.
7. Кулаковская Т. Н., Стефанкина Л. М. Оценка плодородия дерново-подзолистых почв с помощью биологических методов. — Докл. ВАСХНИЛ, 1975, № 11, с. 7—10.
8. Лыков А. М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. Автореф. докт. дис. М., 1976.
9. Панов Н. П. Актуальные проблемы повышения плодородия почв. — Земледелие, 1982, № 4, с. 2—4.
10. Тумин Г. М. Гумус почвы и урожайность. Тамбов, 1920.
11. Тумин Г. М. Оценка почв. Воронеж, 1925.
12. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965.
13. Христева Л. А. Участие гумусовых кислот и других органических веществ в питании высших растений и агрохимическое значение этого вида питания. М.: Изд-во АН СССР, 1955, № 4, с. 20—27.
14. Христева Л. А. Действие физиологически активных гумусовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях. — В сб.: Гумусовые препараты. Днепропетровск: 1973, с. 5—23.

*Статья поступила 17 января 1984 г.*

## SUMMARY

Green mass yield of corn and barley depend directly on humus supply and content in soddy-podzolic soil. Increased humus supply from 56.7 to 81,9 t/ha resulted in an increase of corn green mass from 290 to 350 centners/ha.

While growing corn on the soils with the similar humus supply in the furrow slice but with different depth of this slice (20 and 26 cm) green mass yield was higher on the soil with less deep furrow slice and maximum humus content (3%).