

2. Алиханова О.И. Токсическое действие бора на растения // *Агрохимия*. – 1980. – № 7. – С. 98–102.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 234 с.
4. Ильин В.Б., Сысо А.И. Почвенно-геохимические провинции в Обь-Иртышском междуречье: причины и следствия // *Сиб. экол. журн.* – 2001. – Т. VIII, № 2. – С. 111–118.
5. Крайнов С.Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора. – М., 1964. – 174 с.
6. Круглова Е.К. Бор в почвах Голодной степи, хлопчатнике, оросительных и грунтовых водах // *Почвоведение*. – 1960. – № 9. – С. 81–87.
7. Орлова Э.Д., Неупокоев А.А. Влияние повышенных концентраций бора на продуктивность и химический состав растений // *Агрохимия*. – 1990. – № 12. – С. 44–52.
8. Пейве Я.В. Биохимия почв. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 422 с.
9. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. – Новосибирск: Наука, 1976. – 104 с.
10. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов. – М.: Высш. шк., 1970. – 309 с.
11. Hou J., Evans L.J., Spiers G.A. Chemical fractionation of soil boron: I. Method development // *Can. J. Soil Sci.* 76. – P. 485–491.



УДК 631.582:631.445.4

А.М. Берзин, В.А. Полосина, О.Б. Калинина

СТРУКТУРА И ВОДОПРОЧНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В СЕВООБОРОТНЫХ ЗВЕНЬЯХ С ЧИСТЫМИ, СИДЕРАЛЬНЫМИ ПАРАМИ И ЛЮЦЕРНОЙ

В статье изложены результаты многолетних исследований, позволивших установить высокое оструктурирующее влияние корневой системы люцерны и сидеральных донниковых паров на стабилизацию уровня оструктурированности почвы и водопрочность агрегатов в зернопаровых и зернотравяных звеньях севооборотов.

Ключевые слова: люцерна, почвенные агрегаты, чернозем выщелоченный, сидеральные почвы.

A.M. Berzin, V.A. Polosina, O.B. Kalinina

SOIL AGGREGATE STRUCTURE AND WATER STABILITY OF LEACHED CHERNOZEM IN THE CROP ROTATION LINKS WITH CLEAN, GREEN FALLOWES AND LUCERNE

The long term research results that have allowed to determine high structure-forming influence of the root system of lucerne and green melilot fallows on soil structure level stabilization and aggregate water stability in the grain and fallow and grain and grass crop rotation links are reported in the article.

Key words: lucerne, soil aggregates, leached chernozem, green soils.

Способность почвы обеспечивать растения всеми необходимыми факторами жизни в значительной степени зависит от ее физических свойств, среди которых особенно важное значение принадлежит структуре почвы, оказывающей существенное влияние на строение, плотность, водный, воздушный и тепловой режимы, которые в свою очередь оказывают воздействие на протекающие в почве микробиологические, физико-химические и другие процессы, а в конечном итоге структурная почва обеспечивает хорошие условия для роста и развития растений. Хорошо оструктурированная почва лучше противостоит разрушительной силе эрозии, уменьшая поверхностный сток дождевых и талых вод, повышая ветроустойчивость ее поверхности [1–4].

Известно, что почва может быть оструктурирована под воздействием чисто физических факторов, к которым относятся: увлажнение и высушивание, замерзание и таяние, сжимание, проникновение животных и корней через почву, а также обработка почвы при условии, что она проводится при оптимальной влажности почвы.

Однако оструктурирующее влияние перечисленных факторов носит кратковременный характер. С агрономической точки зрения важен процесс стабилизации почвенных агрегатов, который определяется химическими и биологическими факторами. К химическим факторам, способным скреплять структурные агрегаты почвы вместе, относятся: активное (молодое) органическое вещество почвы, глина, алюминий, железо и кальций. По Голдштайну и Боинчану (2000), структура почвы является функцией содержания активного органического вещества почвы, которое удерживает почвенные структурные агрегаты вместе.

К биологическим факторам (агентам) относится активный пищеварительный процесс таких почвенных животных, как дождевые черви, которые, пропуская через свой пищеварительный тракт почву и органическое вещество почвы, скрепляет их друг с другом.

Для стабилизации почвенных агрегатов очень важна активность корней растений и гиф почвенных грибов, так как они образуют взаимопроникающую сеть и удерживают структурные агрегаты почвы вместе. При этом корни растений и гифы грибов выделяют в прикорневой зоне вещества, помогающие формированию почвенных агрегатов. Когда корни растений и гифы грибов разлагаются вместе с другими органическими веществами почвы, они становятся пищей для почвенных бактерий, которые, в свою очередь, образуют склеивающие вещества, удерживающие почвенные агрегаты вместе. При этом достигается важнейшее условие агрономической ценности структуры почвы – ее водопрочность и пористость.

Подчеркивая значение корневой системы растений в оструктуривании почвы и стабилизации почвенных агрегатов, отметим, что многолетние культуры производят значительно больше корней при более интенсивном круговороте, чем однолетние культуры.

В экспериментальных севооборотах кафедры общего земледелия наибольшее количество корней в слое 0–40 см оставляет люцерна 2-го года пользования – 95,5 ц/га, в то время как вико-овсяная смесь – 30,4 ц/га, а горох – только 18,5 ц/га. Среди многолетних трав первого года пользования самая большая масса корневых остатков в слое 0–40 см обнаружена в поле люцерны – 77,8 ц/га и клевера – 62,3 ц/га, и значительно меньше под костром безостым – 44,2 ц/га. С увеличением возраста люцерны масса ее корней на шестой год пользования увеличивается до 159,1 ц/га, причем это увеличение идет только за счет горизонта 0–20 см, а в горизонте 0–40 см наблюдается даже некоторое уменьшение массы корней [5].

Совершенно очевидно, что в прямой зависимости от длительности воздействия корневой системы растений находится и оструктуренность почвы. Например, в наших опытах содержание в пахотном слое (0–30 см) агрономически ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм под посевами люцерны первого года пользования составляло 71,9%, а под посевами 2-го и 4-го года пользования оно увеличилось до 79,3 и 78,5%. При этом особенно важно отметить, что по мере увеличения срока пользования содержание водопрочных агрегатов под люцерной возрастало с 58,8% до 77,7 и 78,3%.

Высокое оструктурирующее влияние корневой системы люцерны было подтверждено данными, полученными в экспериментальных севооборотах кафедры общего земледелия, в которых количество агрономически ценных агрегатов под посевами люцерны 2-го года пользования составляло 86,3%, что на 5,1% больше, чем в поле чистого пара. При этом подтверждена и стабилизирующая роль корневой системы люцерны в поддержании высокого уровня оструктуренности почвы под первыми и повторными посевами яровой пшеницы, где содержание агрономически ценных агрегатов было выше на 4,2 и 3,9% по сравнению с посевами пшениц по чистому пару. Более важен другой факт – содержание водопрочных агрегатов под первыми и повторными посевами пшениц по люцерне на 5,0–5,6% выше, чем в звене с чистым паром (табл. 1).

Таблица 1

Влияние люцерны в оструктуривании чернозема выщелоченного [6]

Звенья севооборотов	Содержание частиц 0,25–10мм, %	Содержание водопрочных агрегатов, %	Коэффициент	
			структурности	водопрочности
Чистый пар	81,2	40,2	4,3	0,7
Пшеница	80,0	40,6	4,0	0,7
Пшеница	80,3	38,4	4,1	0,6
Люцерна 2 г.п.	86,3	44,0	6,3	0,8
Пшеница	84,2	45,6	5,3	0,8
Пшеница	84,2	44,0	5,3	0,8

Существенное структурообразующее влияние корневой системы растений характерно и для двулетнего донника. Так, в фазу цветения, перед запашкой его надземной массы на зеленое удобрение, количество агрегатов размером от 0,25 до 10 мм в среднем за 7 лет составило 72,3%, что на 9,5% больше, чем в поле чистого пара. При этом указанные различия связаны в основном с уменьшением содержания под донником пылевидной фракции на 9,9% по сравнению с полем чистого пара. Не менее важен и факт увеличения под донником на 6,6% наиболее ценной фракции от 1 до 3 мм (табл. 2).

Таблица 2

Агрегатный состав пахотного слоя (0–30 см) чернозема выщелоченного в полях чистого пара и продуцирующего донника, %

Вариант	Годы	Размер фракций, мм				Коэффициент структурности
		Более 10	0,25–10	Менее 0,25	1–3	
Чистый пар	1981–1983	6,5	63,0	30,5	33,1	1,7
	1984	11,0	65,8	23,2	27,1	1,9
	1989	21,8	61,0	17,2	27,8	1,6
	1990	15,7	61,8	22,5	25,7	1,6
	2000	10,8	62,6	26,6	22,4	1,7
	В среднем	13,2	62,8	24,0	27,2	1,7
Продуцирующий донник	1981–1983	8,0	71,1	20,9	37,2	2,5
	1984	14,7	71,1	14,2	32,5	2,5
	1989	9,3	79,5	11,2	38,8	3,9
	1990	19,0	68,0	13,0	30,3	2,1
	2000	17,1	72,0	10,9	30,0	2,6
	В среднем	13,6	72,3	14,1	33,8	2,7

Положительное структурообразующее воздействие корней донника значительно усиливается при использовании его надземной массы на зеленое удобрение. При этом положительное влияние сидерации на оструктурирование почвы связано с появлением в почве свежесажженного органического вещества, которое способствует созданию водопрочной структуры.

Например, в звене с чистым паром за период парования и вегетации яровой пшеницы в 1990–1991 гг. в почву поступило 5,53 т/га растительного вещества, в то время как в звене с сидеральным донниковым паром – 23,32 т/га. Такое значительное количество свежего органического вещества, поступившего в почву, сопровождалось увеличением количества агрономически ценных агрегатов всего на 3,3% по сравнению с звеном чистого пара (с 77,5 до 80,8%), но способствовало существенному увеличению содержания водопрочных агрегатов – на 11,5% (табл. 3).

Таблица 3

Агрегатный состав пахотного слоя (0–30 см) под посевами пшеницы по чистым и сидеральным парам, %

Предшественник	Годы	Сроки	Содержание фракций, мм			Коэффициент структурности	Содержание водопрочных агрегатов, %	Коэффициент водопрочности
			>10	0,25–10	<0,25			
Чистый пар	1988	1	13,3	67,1	19,6	2,0	41,7	0,7
	1990–1991	1*	10,5	73,7	15,8	2,8	40,0	0,7
		2**	12,6	77,5	9,9	3,0	43,7	0,8
	2000	1	10,1	56,7	33,2	1,3	44,0	0,8
		2	11,7	61,5	26,8	1,6	49,2	1,0
	2003	1	6,2	75,3	18,5	3,1	33,7	0,5
		2	15,9	74,6	9,5	2,9	57,3	1,5
	2009	1	8,9	84,6	6,5	5,5	69,0	2,2
		2	11,2	69,5	19,3	2,3	43,3	0,8
	В среднем	1	11,1	74,5	14,3	2,9	54,0	1,2
2		14,7	70,2	15,1	2,4	58,8	1,4	
Сидеральный донниковый пар	1988	1	14,7	70,2	15,1	2,4	58,8	1,4
	1990–1991	1	10,8	74,3	14,9	2,9	45,7	0,8
		2	5,8	80,8	13,4	4,2	55,2	1,2
	2000	1	14,4	70,0	15,6	2,3	52,6	1,1
		2	14,9	72,5	12,6	2,6	66,4	2,0
	2003	1	11,3	76,3	12,4	3,2	56,9	1,3
		2	14,1	75,7	10,2	3,1	71,3	2,5
	2009	1	4,3	84,9	10,8	5,6	75,7	3,1
		2	13,1	73,3	13,6	2,7	57,1	1,3
	В среднем	1	8,3	79,4	12,3	3,9	65,8	1,5

Примечание. 1* – 10–15.06; 2** – 30.08–10.09.

Запашка зеленой массы донника в среднем за 6 анализируемых лет уменьшала глыбистость на 2,8% и количество пылевидной фракции на 2% по сравнению с звеном чистого пара. Основное же положительное влияние сидерального пара сводилось к существенному увеличению содержания в почве водопрочных агрегатов на 11,8%.

Сравнительная оценка показателей оструктуренности почвы под первыми и повторными посевами зерновых по чистому и сидеральному пару, позволяет констатировать факт их ухудшения.

В среднем за 5 анализируемых лет содержание агрономически ценной фракции в почве снизилось под повторными посевами зерновых по сравнению с первыми на 11,3–12,0%. Однако при этом сохранилось некоторое преимущество севооборотного звена с сидеральным паром, в котором содержание в почве агрегатов от 0,25 до 10 мм было выше на 4,2% (табл. 4). Преимущество этого звена было более очевидным. По сравнению с звеном чистого пара здесь содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое было выше на 8,3%.

Оценивая в целом структурное состояние почвы под первыми и повторными посевами зерновых по содержанию в ней агрегатов от 0,25 до 10 мм, приходим к выводу, что как в первом, так и во втором случае оно характеризуется как хорошее. Данный вывод характерен для почв Красноярской лесостепи. Высокая потенциальная способность к оструктуриванию выщелоченных черноземов определяется повышенным содержанием крупных микроагрегатов (крупнее 0,05 мм), на долю которых приходится 42–57%, а также низким коэффициентом дисперсности, который варьирует от 5,55 до 9,2 [7–9].

Несмотря на высокую способность к оструктуриванию чернозема выщелоченного, полученные нами данные свидетельствуют о необходимости использования сидеральных паров для стабилизации этого важнейшего физического свойства почвы.

Таблица 4

Оструктуренность пахотного слоя и водопрочность структуры под повторными посевами зерновых по чистым и сидеральным парам (1-я декада июня)

Предшествующий	Год	Фракция 0,25–10 мм, %	Коэффициент оструктуренности	Содержание водопрочных агрегатов, %	Коэффициент водопрочности
Пшеница по чистому пару	1985	63,7	1,7	47,2	0,9
	1988	67,1	2,0	39,9	0,7
	1989	60,0	1,5	52,5	1,1
	2001	56,7	1,3	53,4	1,1
	2009	68,6	2,2	65,8	1,9
	В среднем	63,2	1,7	51,8	1,1
Пшеница по сидеральному пару	1985	67,7	2,1	57,7	1,4
	1988	70,2	2,4	51,9	1,1
	1989	63,0	1,7	61,8	1,6
	2001	64,1	1,8	65,4	1,9
	2009	72,1	2,6	68,6	2,2
	В среднем	67,4	2,1	61,1	1,6

О стабилизирующей роли зеленого удобрения в поддержании почвы в хорошем структурном состоянии свидетельствуют и данные о наличии положительного последствия зеленого удобрения не только под повторными посевами зерновых по парам, но и под кукурузой, размещаемой третьей культурой по парам (табл. 5).

Таблица 5

Последствие сидерального ржаного пара на оструктуренность и водопрочность агрегатов в пахотном слое

Показатель	Повторные посевы пшеницы по парам (1985 г.)		Кукуруза – 3-я культура после пара (1986 г.)	
	чистому	сидеральному	чистого	сидерального
Содержание агрегатов от 0,25 до 10 мм, %	63,7	65,0	54,9	67,3
В т.ч. водопрочных	47,2	60,2	63,5	66,8

Содержание агрегатов от 0,25 до 10 мм на фоне сидерального ржаного пара превышает контроль (неудобренный чистый пар) на 12,4%. Разница в содержании водопрочных агрегатов менее существенна и составляет 3,3%.

Выводы

1. Подтверждено высокое оструктурирующее влияние корневой системы люцерны и донника на поддержание высокого уровня оструктурированности почвы и водопрочности агрегатов не только под первыми, но и под повторными посевами яровой пшеницы.

2. Положительное структурообразующее воздействие корней донника значительно усиливается при использовании его надземной массы на зеленое удобрение, способствующее существенному увеличению содержания в почве водопрочных агрегатов – на 11,5%.

3. Несмотря на высокую способность к оструктурированию чернозема выщелоченного, подтверждена необходимость использования посевов люцерны и сидеральных паров для стабилизации этого важнейшего физического свойства почвы.

Литература

1. *Вильямс В.Р.* Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. – М.: Сельхозгиз, 1939. – 447 с.
2. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
3. *Голдштейн В., Боинчан Б.* Ведение хозяйств на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России. – М.: ЭкоНива, 2000. – 272 с.
4. *Берзин А.М.* Зеленые удобрения в Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2002. – 395 с.
5. *Кильби И.Я.* Накопление корневых и пожнивных остатков различными культурами в звеньях полевых севооборотов и бессменном посеве // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур: тр. Краснояр. СХИ. – Красноярск, 1970. – С. 126–130.
6. *Таскина В.М.* О макроагрегатном составе почвы в полях севооборотов // Повышение урожайности сельскохозяйственных культур: тр. Краснояр. СХИ. – Красноярск, 1971. – Т. XXII. – С. 55–60.
7. *Крупкин П.И.* Характеристика чернозема Красноярской лесостепи // Тр. Краснояр. СХИ. – 1962. – Т. XIV. – С. 100–115.
8. *Рудой Н.Г.* Влияние осадков и уровня окультуренности почв на урожай зерновых культур в Красноярском крае // Тр. Краснояр. СХИ. – Красноярск, 1962. – Т. XIV. – С. 135–155.
9. *Бугаков П.С., Попова Э.П.* Агрофизическая характеристика почв южной части Красноярского края // Агрофизическая характеристика почв степной и сухостепной зон азиатской части СССР. – М.: Колос, 1982. – С. 71–98.

