

УДК 631.442.2:631.484

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КУЛЬТУР

А. Г. ПРУДНИКОВА

(Смоленский сельскохозяйственный институт)

Исследования показали, что влияние агроценозов на физические свойства почвы обусловлено критерием техногенного воздействия и количеством корневых остатков, оставляемых в почве. Установлены тесные корреляционные зависимости пластичности, набухания и твердости почвы от содержания в ней физической глины, массы корней и критерия техногенной нагрузки. Наиболее высокие показатели пластической прочности структуры и предельной нагрузки разрушения структурных связей соответствуют естественной экосистеме, не подвергающейся техногенному воздействию. В агроценозах прочностные характеристики почвы убывают в ряду: севооборот, 132-е поле → озимая рожь → картофель.

Агробиогеоценоз как открытая энергетическая система управляется потоком техногенной энергии [1~10, 14, 15]. Способность агроэкосистем использовать внешние ресурсы для создания биоэнергетического потенциала определяется состоянием физических свойств [5]. Физические свойства, являясь матрицей для протекания физико-химических процессов, одновременно определяют условия существования почвенных организмов, корней растений, что имеет важное значение в поддержании устойчивой продуктивности агроэкосистем [12]. Степень и направленность воздействия агроценоза на эдафотоп и свойства почвы определяются уровнем техногенной нагрузки и возделываемой культурой. Уровень техногенного воздействия (УТВ) количественно следует выражать по притоку техногенной энергии, приносимой в агробиогеоценоз в виде энергии на обработку почвы, коли-

чества энергии, содержащейся в удобрениях (ЭУ), пестицидах (ЭП) и др. Прямые затраты той или иной культуры можно определить как критерий техногенной нагрузки (КТН) и выразить в МДж/га. Следовательно, $УТВ = КТН + ЭУ + ЭП + Эпр.$ (энергия прочих воздействий).

Цель данной статьи — изучение влияния агроценозов на физические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в длительном опыте ТСХА.

Методика

Схема опыта подробно изложена в наших предыдущих работах [11, 13]. Для исследования были взяты агроценозы озимой ржи и картофеля, возделываемые бесценно с 1912 г. и 132-е поле, где указанные культуры чередовались в плодосменном севообороте: черный пар, оз. рожь, картофель, ячмень с подсевом клевера, клевер, лен.

Изучение физических свойств среднесуглинистых почв проводили в опыте «Щапово» Подольского района Московской области. Агрохимическая характеристика почв следующая: содержание гумуса — 1,92%, $pH_{кв.1}$ — 5,6, P_2O_5 и K_2O — соответственно 68 и 65 мг/кг почвы. Образцы почвы отбирали с первых полей севооборотов, в разной степени насыщенных пропашными культурами: 25% (оз. пшеница, картофель, ячмень с подсевом многолетних трав, клевер); 50% (оз. пшеница, картофель, кукуруза, горох); 75% (оз. пшеница, сахарная свекла, картофель, кукуруза); 100% (сахарная свекла, картофель, кукуруза); 100% (сахарная свекла, картофель, кукуруза, картофель), а также с бессменных посевов картофеля и люцерны.

Границы пластичности почвы (в % влажности) определяли коническим конусом Васильева (верхнюю) и по Аттербергу (нижнюю) в 3-кратной повторности; набухание (в % к объему) — на приборе ПНГ в 5-кратной повторности; твердость (кгс/см²) — твердомером Алексева в 10-кратной повторности до глубины 40 см. Для определения пластической прочности структуры и предельной нагрузки использовали конический пластометр Ребиндера. Пластическую прочность P_T (предельное напряжение сдвига) определяли по формуле:

$$P_T \text{ (кПа)} = K_a P / B^2,$$

где F — действующая нагрузка на конус, кг; h — глубина погружения конуса, см; K_a — коэффициент, зависящий от величины угла конуса (при $\alpha = 30^\circ K_a = 1,108$).

Результаты

Из физических свойств наиболее важным является пластичность [11]. Переход почвы в пластическое состояние при достижении определенных

значений влажности не вызывает изменений ее основных (инвариантных) характеристик: содержания гумуса, макро- и микроэлементов, состава микрофлоры и почвенной фауны, т.е. важнейших биотических и абиотических компонентов экосистемы. Это позволяет считать пластичность уникальной формой устойчивости почвы к антропогенным и естественным возмущающим факторам.

Граничные значения влажности, характеризующие пластическое состояние почвы, имеют важное значение: верхняя граница (ВГП) — влажность наилучшего структурообразования, нижняя (НГП) — влажность физической спелости. Число пластичности ЧП = ВГП - НГП условно можно принять за период релаксации (восстановления), «поспелования» почвы и достижения возможности осуществлять производственную функцию.

Исследования показали, что при бессменной культуре картофеля наблюдается достоверное при 5% уровне значимости снижение влажности пределов пластичности: ВГП — 18,07%, НГП — 14,87% по сравнению с бессменной рожью — соответственно 19,43 и 15,57%. Это обусловлено формированием рожью более мощной корневой системы (количество корневых и пожнивных остатков 25,1 ц/га сухой массы по сравнению с 8,2 ц/га у картофеля) и более продолжительным периодом вегетации озимой ржи. Чередование однолетних культур в плодосменном севообороте с многолетними травами способствовало поступлению растительных остатков в большем количестве (31,1 ц/га), чем в бессменных агроценозах, что обеспечило более высокие показатели пластичности севооборотного поля — 19,78 и 15,82%.

Среднесуглинистые дерново-подзолистые почвы находятся в пластичном состоянии при значительно более высоких значениях влажности: 27-28% ВГП, 20-22% — НГП. Насыщение севооборотов пропашными культурами и усиление в связи с этим техногенного воздействия на почву приводят к снижению границы физической спелости и удлинению сроков созревания почвы. Наиболее сильное воздействие на показатели пластичности почвы отмечено в бессменных посевах люцерны из-за поступления в почву ежегодно значительного количества органического вещества, в результате чего ВГП увеличилась до 36,85%, НГП — до 29,45%.

Корреляционный и регрессионный анализы показали, что границы пла-

стичности в большей мере зависят от содержания в почве физической глины (таблица). Коэффициенты корреляции между содержанием физической глины (ФГ) и влажностью ВГП и НГП составили соответственно $0,8976 \pm 0,0405$ и $0,94417 \pm 0,0202$. Важно отметить, что культура растений, а именно, количество корневых остатков, оказывает заметное влияние на показатели пластичности. Коэффициенты корреляции между массой корневых остатков (МК) и пределами пластичности составили: ВГП — $0,5865 \pm 0,1034$, НГП — $0,6284 \pm 0,0593$.

При установлении зависимостей по двум параметрам — массе корневой и содержанию физической глины — теснота связи возрастала: для

Т а б л и ц а

Физические свойства почвы в зависимости от гранулометрического состава (ФГ), массы корневых остатков (МК) и критерия техногенной нагрузки (КТН)

Уравнение зависимостей	R	R ²
$ВГП = -6,907 + 0,479ФГ$	$0,8976 \pm 0,0405$	0,8057
$ВГП = 14,32 + 0,538МК$	$0,5865 \pm 0,1034$	0,344
$ВГП = -9,43 + 1,19ФГ + 0,16МК$	$0,9563 \pm 0,091$	0,9145
$НГП = -8,33 + 1,30ФГ$	$0,9447 \pm 0,0202$	0,8926
$НГП = 12,27 + 0,364МК$	$0,6284 \pm 0,0593$	0,3948
$НГП = -2,15 + 0,74ФГ + 0,11МК$	$0,9716 \pm 0,004$	0,944
$Н = 20,05 - 1,39ФГ + 0,03096(ФГ)^2$	$0,9886 \pm 0,031$	0,9773
$Н = 2,228 + 0,2141МК$	$0,5454 \pm 0,1648$	0,2975
$Н = -7,326 + 0,05978МК + 0,4795ФГ$	$0,8963 \pm 0,0873$	0,8034
$T_{0-20} = 19,38 - 1,238КТН$	$-0,9081 \pm 0,006$	0,8246
$T_{0-20} = -8,24 + 1,165КТН = 0,7145МК$	1	1
$T_{20-40} = 25,52 + 0,3746МК$	$0,848 \pm 0,0081$	0,7191
$T_{20-40} = -13,55 + 1,36МК + 3,502КТН$	1	1
$P_{мт} = 1,56 - 0,03087КТН$	$-0,9363 \pm 0,0916$	0,8767
$P_{мт} = 0,8225 - 0,006264КТН = 0,004305МК$	$0,997 \pm 0,0803$	0,994
$P_{мн} = 0,4226 - 0,04937КТН$	$-0,6534 \pm 0,1897$	0,4269
$F_T = 0,3058 - 0,01256КТН$	$-0,8962 \pm 0,1608$	0,8032
$F_T = 0,2136 - 0,002645КТН = 0,0017МК$	$0,951 \pm 0,3126$	0,9044
$F_n = 0,129 - 0,01137КТН$	$-0,6823 \pm 0,2423$	0,4655
$F_n = -0,1167 + 0,01449КТН + 0,004525МК$	$-0,9864 \pm 0,1721$	0,973

ВГП — верхняя граница пластичности (% влажности); НГП — нижняя граница пластичности (% влажности); Н — набухание, %; Т — твердость, кгс/см²; Р_Т — Р_н — пластическая прочность, кПа при влажности границы текучести (т) и максимального набухания (н); F_Т — F_н — предельная нагрузка разрушения структуры (кг/см²) при влажности границы текучести и максимального набухания.

ВГП — до 0,956+0,091, НГП — до 0,972, т.е. показатели пластичности на 91,4-94,4% определяются изменениями содержания физической глины и количеством корневых остатков.

Процессы набухания играют важную роль в структурообразовании. Величина набухания увеличивается с увеличением содержания физической глины и «молодого» гидрофильного органического вещества.

Корреляционный и регрессионный анализы показали, что набухание (Н) на 80,34% зависит от массы корневых остатков и содержания физической глины: $R = 0,8963 \pm 0,0873$.

Динамичным показателем, интегрирующим воздействие технологий возделывания, состава и продуктивности агроэкосистемы, уровня плодородия, является твердость почвы. В агроценозе бессменного картофеля в результате многократных обработок в течение вегетационного периода твердость почвы была близка к оптимальной и составила 8,2 кгс/см², под бессменной рожью она возросла до 13,4, а в севооборотном поле — до 17,6 кгс/см².

Регрессионный анализ показал, что твердость почвы (Т) в слое 0–20 см зависит от критерия техногенной нагрузки (КТН) и количества сформированных культурой корней, $R = 1$. Следует заметить, что затраты техногенной энергии на обработку почвы (КТН) на 82,47% определяют твердость почвы в пахотном слое. Зависимость между массой корней, КТН и твердостью почвы в слое 20–40 см также была тесной, $R = 1$. Однако, если для пахотного слоя основная роль в изменении твердости принадлежала обработкам почвы, то в подпахотном слое изменения на 71,91% обусловлены массой корней.

В агроценозах наиболее разрушительному воздействию подвергается

структура почвы. Поэтому получение прочностных характеристик структуры дерново-подзолистой почвы при пороговых значениях влажности имеет важное научно-практическое значение для установления предельных нагрузок.

По данным исследований, наиболее высокое значение пластической прочности при влажности границы текучести (W_T) соответствует почве естественного биогеоценоза — 1,1 кПа (рис. 1). Далее в порядке убывания следуют агроценоз севооборотного поля — 0,95 кПа, бессменной ржи — 0,9 кПа и бессменного картофеля — 0,8 кПа. Регрессионный анализ показал, что 87,67% изменений пластической прочности обусловлено техногенной нагрузкой — $R = -0,9363$.

Действие корневых остатков противоположное. Исследование прочностных характеристик при влажности максимального набухания подтвердило предположение о формировании более прочной структуры в естественных агроценозах. Пластическая прочность составила 0,66 кПа,

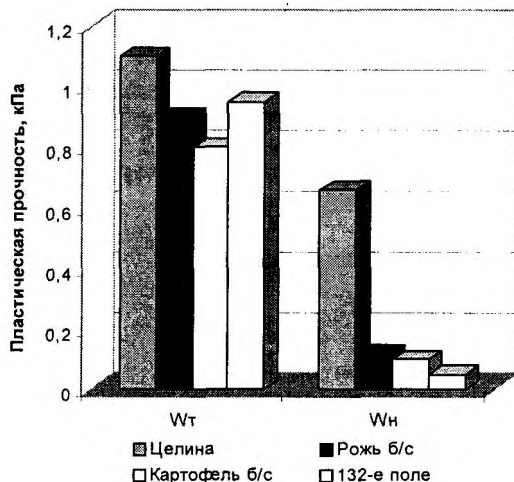


Рис. 1. Влияние агроценозов на пластическую прочность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

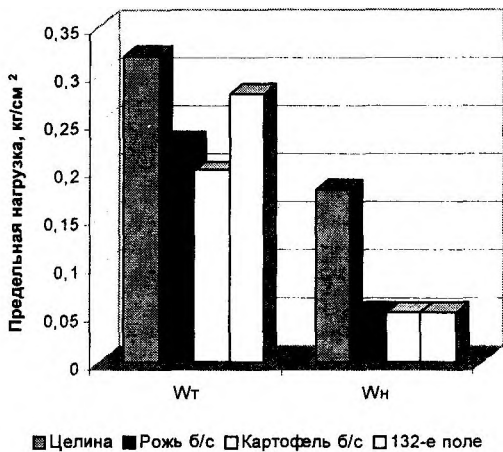


Рис. 2. Влияние агроценозов на предельную нагрузку дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

что в 5,5-13,2 раза выше, чем в агроценозах (0,054 кПа).

Следовательно, в природных экосистемах структура сохраняет свои прочностные характеристики в широком диапазоне влажности, в агроэкосистемах при постоянной техногенной нагрузке эта способность утрачивается.

Представляет интерес определение величины предельной нагрузки разрушения структурных связей. Установлено, что самая высокая предельная нагрузка при влажности границы текучести соответствует целине — 0,32 кг/см², затем следуют 132-е поле севооборота — 0,28, рожь бесменная — 0,23 и картофель — 0,20 кг/см². С увеличением влажности почвы сопротивляемость структуры разрушению ослабевает. Однако на целинном участке предельная нагрузка при влажности максимального набухания в 3,3 раза выше (0,18 кг/см²), чем в агроценозах (0,054 кг/см²).

Выявлена тесная зависимость предельной нагрузки от КТН и массы корневых остатков: при $W_{JR} = 0,951 \pm 0,3126$, при $W_{нR} = -0,9864 \pm 0,1721$.

Выводы

1. Степень воздействия агробиоценозов на физические свойства почвы определяется критерием техногенной нагрузки, под которым понимают прямые затраты энергии на обработку почвы, и особенностями агробиоценоза, характеризующегося количеством органических остатков, оставляемых в почве.

2. Агробиоценозы оказывают влияние на прочностные характеристики структуры. Пластическая прочность и предельная нагрузка уменьшаются с увеличением критерия техногенной нагрузки агробиоценоза в последовательности: целина → севооборот, 132-е поле → бесменная рожь → бесменный картофель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологические принципы земледелия. М.: Колос, 1993. — 2. **Башикин В.Н.** Фундаментальные основы устойчивой продуктивности агроэкосистем. — Земельная реформа и проблемы развития земледелия СССР. Курск, 1992, с. 220-225. — 3. **Вудменси Р.Г.** Сравнительный анализ круговорота питательных веществ в природных и сельскохозяйственных экосистемах: поиски общих принципов. — Сельскохозяйственные экосистемы. М.: Агропромиздат, 1987. — 4. **Гиляров М.С.** Биоценогические закономерности в агроценозах. Продовольственная программа и задачи науки. М.: Наука, 1983, с. 103-107. — 5. **Жученко А.А.** Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пущино, 1994, ОНТИ, ПНЦ, РАН, с. 148. — 6. **Злобин Ю.А.** О характере воздействия агрофитоценозов на экологическую среду. — Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности. Ижевск, 1991, с. 56-63. — 7. **Зубков А.Ф.** Структурная организация агробиоценоза и его место в эволюции. — Сельскохозяйственная биология, 1992, № 3, с. 23-35. — 8. **Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н.** Концептуальные основы плодородия агробиогеоценозов и его воспроизводство в ландшафтных (адаптивно-ландшафтных) системах земледелия. Агро XXI,

2001, № 8, с. 22-23. — **9.** Мовчан В.Г., Соборникова И.Г. Почвы и почвенные процессы в природных и искусственных биогеоценозах. — Конструирование и создание высокопродуктивных агроценозов. Ростов-на-Дону, Изд-во Ростов, унта, 1982, с. 54-61. — **10.** Одум Ю. Экология, М.: Мир, 1986, т. 1, 2, с. 338 и 376. — **11.** Прудникова А.Г. Влияние длительного применения удобрений, севооборота и бессменных посевов на физико-механические и технологические свойства дерново-подзолистой почвы и урожай культур. Канд. дисс., М., 1975. — **12.** Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Банников В.Н. Физические свойства почв как матрица их плодородия. — Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. М., 2002. — **13.** Сафонов А.Ф. Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. М.: Изд-во МСХА, 2002. — **14.** Соколов Л.О., Кирюшин В.И. и др. Конструирование устойчивых агроэкосистем (концепция подпроекта). Пущино, 1993, — **15.** Щербачев А.П., Володин В.М. Агроэкологические принципы земледелия (теория вопроса). М.: Колос, 1993, с. 12-27.

*Статья поступила
10 февраля 2004 г.*

SUMMARY

Investigations have shown that the effect of agrocenoses on physical properties of the soil is caused by criterion of technogenic influence and by the amount of root residues left in the soil. Close correlative dependences of plasticity, swelling and hardness of soil because it contains physical clay, root mass and criterion of technogenic load have been found. The highest indices in plastic firmness of stucture and maximum load of destructing structural relations correspond with natural ecosystem which was not subject to technogenic action. In agrocenoses soil characteristics of firmness get lower in such order: crop rotation, 132th field winter ~~type~~ potato. →