

- // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений». – Минск, 2018. – Вып. 42. – С. 96–102.
14. Семынина, Т. В. Особенности инфицирования семян зерновых культур патогенами / Т. В. Семынина // Защита и карантин растений. – 2012. – № 2. – С. 20–23.
  15. Склименок, Н. А. Комплекс грибов, паразитирующих на озимой пшенице, и меры по ограничению их вредности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Н. А. Склименок; Нац. акад. наук Беларуси, Респ. науч. дочер. унитар. предприятие «Ин-т защиты растений». – Прилуки, Мин. р-н, 2015. – 23 с.
  16. Склименок, Н. А. Комплекс грибов, паразитирующих на озимой пшенице, и меры по ограничению их вредности: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Н. А. Склименок; Нац. акад. наук Беларуси, Респ. науч. дочер. унитар. предприятие «Ин-т защиты растений». – Прилуки, Мин. р-н, 2015. – 170 л.
  17. Торопова, Е. Ю. Грибы рода *Fusarium* на зерне пшеницы в Западной Сибири / Е. Ю. Торопова // Защита и карантин растений. – 2019. – № 1. – С. 21–23.
  18. Шашко, Ю. К. Влияние изменения климата на видовой состав грибов рода *Fusarium* и сопряженность развития фузариозных болезней пшеницы с погодными факторами / Ю. К. Шашко // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 1. – С. 32–36.

УДК 631.431.1+ 631.459

## Влияние органических удобрений и известкования на физические свойства дерново-подзолистых почв разной степени эродированности

Н. Н. Цыбулько, доктор с.-х. наук, И. А. Логачев, младший научный сотрудник,  
В. Б. Цырибко, А. М. Устинова, А. В. Юхновец, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 01.04.2020 г.)

Приведены результаты исследований влияния органических удобрений и известкования на плотность и пористость дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, подверженных эрозионной деградации. Установлено положительное влияние органических удобрений на данные показатели. Выявлена сильная корреляционная зависимость ( $r = 0,78$ ) между плотностью почвы и содержанием в ней гумуса. Также существуют сильные взаимосвязи урожайности сельскохозяйственных культур с плотностью почвы. Коэффициенты корреляции составили для озимой пшеницы 0,93, для овса – 0,75, для ярового рапса – 0,92.

### Введение

Водная эрозия является одним из факторов деградации почвенного покрова, снижения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур. Наряду с разрушением гумусового горизонта и смывом элементов питания растений, процессы эрозии вызывают существенное изменение физического состояния почв. С повышением их эродированности увеличиваются плотность твердой фазы, плотность сложения, ухудшается структурность, снижаются пористость, сумма водопорочных агрегатов и т. д.

Физическое состояние почв тесно связано с изменением содержания органического вещества. В дерново-подзолистых почвах с низким содержанием гумуса острой является проблема чрезмерного и быстрого уплотнения пахотного слоя. Отмечается, что улучшение структурно-агрегатного состояния почв частично можно обеспечить механическими обработками, а в долгосрочном плане необходимо повышение содержания гумуса [1].

Важнейшими физическими характеристиками почвы являются плотность и пористость, влияющие на ее водный, воздушный, тепловой, биологический и другие режимы.

Плотность и пористость почвы определяются, в первую очередь, ее минералогическим и гранулометриче-

*Presents the results of studies of the influence of organic fertilizers and liming on the density and porosity of sod-podzolic light loamy soils subject to erosion degradation. The positive effect of organic fertilizers on these indicators was established. A strong correlation ( $r = 0,78$ ) between soil density and humus content was found. There are also strong relationships between crop yields and soil density. The correlation coefficients were 0,93 for winter wheat, 0,75 for oats and 0,92 for spring rape.*

ским составами, структурным состоянием и сложением, содержанием органического вещества [2, 3]. Данные показатели существенно зависят от степени эродированности почвы. Так, в дерново-подзолистых почвах на моренных и лёссовидных суглинках плотность пахотного горизонта возрастает соответственно с 1,40 и 1,27 г/см<sup>3</sup> в несмытых почвах до 1,58 и 1,52 г/см<sup>3</sup> в сильносмытых почвах. Общая пористость данных почв снижается с 46,2–51,4 % до 41,0–43,4 % соответственно [4].

По данным [5], превышение оптимальной плотности на 0,10 г/см<sup>3</sup> не сказывается на урожайности овса, но снижает урожайность кормовой свеклы на 70–187 ц/га (в зависимости от условий года). Уплотнение почвы на 0,15 г/см<sup>3</sup> уменьшает урожайность овса на 3,1–5,6, свеклы – на 85–249 ц/га. В работе [6] отмечается, что увеличение плотности всего на 0,1 г/см<sup>3</sup> приводит к недобору урожая на 20–30 %.

Одним из приемов улучшения физических свойств почв является применение органических удобрений. Внесение их приводит к изменению качественного состава гумуса в сторону увеличения содержания гуминовых кислот, оказывающих положительное влияние на физические и сорбционные свойства почв. Гуминовые кислоты вместе с кальцием образуют нерастворимые в воде гуматы кальция, которые участвуют в создании водопорочной структуры. Поэтому изменение фракци-

онного состава гумуса является одним из направлений почвозащитных мероприятий [7–9].

Установлено, что внесение высоких доз органических удобрений (до 600 т/га) снижает плотность пахотного слоя суглинистых почв с 1,30 до 1,01 г/см<sup>3</sup> или на 22 % [10]. Совместное внесение органических и минеральных удобрений способствует уменьшению плотности почвы на 0,2–0,4 г/см<sup>3</sup> и увеличению пористости на 5–7 % [10]. Отмечается также, что наибольшее влияние на снижение плотности почвы оказывают азотные удобрения в сочетании с внесением органических удобрений. Плотность почвы снижалась с 1,23 г/см<sup>3</sup> в вариантах без внесения удобрений до 1,14 г/см<sup>3</sup> в вариантах с N<sub>180</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> + навоз 20 т/га. Более высокие значения плотности отмечались при внесении только калийных удобрений – 1,28 г/см<sup>3</sup>, фосфорных и калийных – 1,27 г/см<sup>3</sup>, азотных и калийных – 1,26 г/см<sup>3</sup> [12, 13].

### Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в полевом опыте на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии, расположенном в ОАО «Щомяслица» Минского района. Стационар заложен по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до нижней части склона. Склон южной экспозиции крутизной 5–7°.

Объектом исследований являлись в разной степени эродированные дерново-палево-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных суглинках. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – среднеэродированная почва, в средней части склона – сильноэродированная почва и в нижней части склона – глееватая намытая почва.

Средние значения основных агрохимических показателей плодородия исследуемых почв следующие: неэродированная: рН<sub>KCl</sub> – 5,61, гумус – 2,09 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 231 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O – 238 мг/кг почвы; среднеэродированная: рН<sub>KCl</sub> – 5,55, гумус – 1,91 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 250 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O – 229 мг/кг почвы; сильноэродированная: рН<sub>KCl</sub> – 5,24, гумус – 1,34 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 231 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O – 203 мг/кг почвы.

Исследования проводили в звене зернового севооборота: озимая пшеница (2017 г.) – овес (2018 г.) – яровой рапс (2019 г.).

Схема опыта включала следующие варианты систем удобрения и известкования почв:

1 – минеральная (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур);

2 – минеральная + известкование (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, а также 6,5 т/га доломитовой муки после озимой пшеницы);

3 – органоминеральная (навоз 40 т/га после озимой пшеницы, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур);

4 – органоминеральная + известкование (навоз 40 т/га после озимой пшеницы, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, а также 6,5 т/га доломитовой муки после озимой пшеницы).

Плотность почвы определяли буровым методом при помощи колец Капецкого (метод «режущих колец») в период установления ее равновесного значения (перед

уборкой культур) в 3-кратной повторности [14]. Пористость почвы рассчитывали по формуле:

$$P = 100 \times \left(1 - \frac{d}{D}\right),$$

где: P – пористость почвы, %; d – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>; D – плотность твердой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>.

### Результаты исследований и их обсуждение

Оптимальная плотность почвы – плотность, при которой урожайность сельскохозяйственных культур при прочих равных условиях наиболее высокая. При такой плотности обеспечиваются наилучшие условия для поглощения атмосферных осадков, газообмена, жизнедеятельности почвенной флоры и фауны.

Требования сельскохозяйственных культур к плотности почвы разные и поэтому ее значения для почв разного гранулометрического состава имеют широкий интервал. Для зерновых культур оптимальная плотность дерново-подзолистых почв составляет: тяжело- и среднесуглинистых – 1,29 г/см<sup>3</sup> (интервал 1,10–1,40), легкосуглинистых и супесчаных – 1,27 г/см<sup>3</sup> (интервал 1,25–1,35), для картофеля и корнеплодов – не более 1,2 г/см<sup>3</sup> [19, 20]. Почвы с плотностью более 1,5 г/см<sup>3</sup> практически не проницаемы для корневых систем культурных растений, поэтому рост и развитие растений угнетается, а при более высокой плотности почвы наблюдается их гибель.

В результате многолетних исследований, проведенных в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии, разработаны оптимальные, допустимые и критические интервалы значений агрофизических свойств почв, обеспечивающих их максимальную производительную способность [15–17]. Для дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных суглинках, оптимальные значения плотности составляют 1,10–1,20 г/см<sup>3</sup>, допустимые – 1,21–1,45 г/см<sup>3</sup>, критические – более 1,45 г/см<sup>3</sup>, значения общей пористости – соответственно более 49 %, 39–48 и менее 39 % [18].

В 2017 г. в период уборки озимой пшеницы до внесения известкового мелиоранта (доломитовая мука) и органических удобрений плотность почв характеризовалась как допустимая и изменялась для неэродированной, средне- и сильноэродированной почв соответственно в пределах 1,28–1,32, 1,35–1,37 и 1,39–1,43 г/см<sup>3</sup>. Согласно [18], плотность неэродированной почвы превышала оптимальное значение на 0,08–0,10 г/см<sup>3</sup>, среднеэродированной – на 0,15–0,17 и сильноэродированной почвы – на 0,19–0,24 г/см<sup>3</sup>.

В среднем по почвенно-эрозионной катене плотность пахотного (A<sub>n</sub>) слоя составила 1,35–1,37 г/см<sup>3</sup> (таблица 1). В соответствии с градацией А. Г. Бондарева [21], как неэродированная, так и эродированные почвы отличались средней степенью уплотнения – 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup>.

В 2018 г. при возделывании овса наблюдалось заметное улучшение плотности почв. На всех изучаемых вариантах на неэродированной почве она соответствовала оптимальной величине (0,94–1,18 г/см<sup>3</sup>). Плотность средне- и сильноэродированной почв была несколько выше оптимальных значений и изменялась по вариантам опыта в пределах 1,23–1,26 и 1,27–1,34 г/см<sup>3</sup> соответственно. В среднем по почвенно-эрозионной катене плотность A<sub>n</sub> под овсом составила 1,15–1,26 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1 – Изменение плотности дерново-подзолистых почв разной степени эродированности

Система удобрения	Озимая пшеница		Овес		Яровой рапс	
	плотность, г/см <sup>3</sup>	± к оптимуму	плотность, г/см <sup>3</sup>	± к оптимуму	плотность, г/см <sup>3</sup>	± к оптимуму
<i>Неэродированная почва</i>						
Минеральная	1,30	+0,10	1,18	-0,02	1,30	+0,10
Минеральная + известкование почвы	1,32	+0,12	1,11	-0,09	1,32	+0,12
Органоминеральная	1,30	+0,10	0,94	-0,26	1,18	-0,02
Органоминеральная + известкование почвы	1,28	+0,08	1,03	-0,17	1,17	-0,03
<i>Среднеэродированная почва</i>						
Минеральная	1,36	+0,16	1,26	+0,06	1,41	+0,21
Минеральная + известкование почвы	1,36	+0,16	1,25	+0,05	1,39	+0,19
Органоминеральная	1,37	+0,17	1,23	+0,03	1,28	+0,08
Органоминеральная + известкование почвы	1,35	+0,15	1,24	+0,04	1,30	+0,10
<i>Сильноэродированная почва</i>						
Минеральная	1,39	+0,19	1,33	+0,13	1,44	+0,24
Минеральная + известкование почвы	1,41	+0,21	1,31	+0,11	1,44	+0,24
Органоминеральная	1,44	+0,24	1,27	+0,07	1,39	+0,19
Органоминеральная + известкование почвы	1,43	+0,23	1,34	+0,14	1,36	+0,16
<i>В среднем по почвенно-эрозионной катене</i>						
Минеральная	1,35	+0,15	1,26	+0,06	1,38	+0,18
Минеральная + известкование почвы	1,36	+0,16	1,22	+0,02	1,38	+0,18
Органоминеральная	1,37	+0,17	1,15	-0,05	1,28	+0,08
Органоминеральная + известкование почвы	1,35	+0,15	1,20	0,00	1,28	+0,08

Применение органических удобрений оказало положительное влияние на разуплотнение почвы. В вариантах с органоминеральной системой удобрения плотность всех почв была наиболее низкой и соответствовала или приближалась к оптимальному показателю.

Следует отметить, что значительное разуплотнение почвы под овсом связано не только с применением органических удобрений. Под озимой пшеницей показатели плотности почвы были выше в связи с проведением основной и предпосевной обработки под эту культуру в более ранний осенний период, поэтому величина ее была ближе к равновесной.

В 2019 г. при возделывании ярового рапса значения плотности почв находились в диапазонах допустимых значений. Только на неэродированной почве в вариантах с внесением органических удобрений она была на уровне оптимальной для сельскохозяйственных культур – 1,17–1,18 г/см<sup>3</sup>.

Плотность средне- и сильноэродированных почв в вариантах с внесением органических удобрений, а также органических удобрений и известкованием была значительно ниже по сравнению с вариантами, где применяли только минеральные удобрения. Так, на среднеэродированной почве на минеральной системе удобрения она составляла 1,39–1,41 г/см<sup>3</sup>, а на органоминеральной системе – 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup>, на сильноэродированной почве – соответственно 1,44 и 1,36–1,39 г/см<sup>3</sup>.

Как видно из приведенных данных, плотность сильноэродированной почвы в вариантах без внесения органических удобрений (минеральная система удобрения) приближалась к критическому значению – 1,44 г/см<sup>3</sup>.

В среднем, по почвенно-эрозионной катене, плотность пахотного слоя под яровым рапсом составила при ми-

неральной системе удобрения 1,38 г/см<sup>3</sup> и превысила оптимальное значение на 0,18 г/см<sup>3</sup>, при органоминеральной системе удобрения – 1,28 г/см<sup>3</sup> с превышением оптимума всего на 0,08 г/см<sup>3</sup>.

В наших исследованиях проведены сопряженный отбор почвенных проб и определение плотности почв и содержания в них гумуса, а также выполнен корреляционно-регрессионный анализ полученных экспериментальных данных. Установлена обратная линейная зависимость плотности почвы и содержания гумуса в пахотном слое, которая описывается уравнением вида  $y = -0,3037x + 1,7636$  с коэффициентом детерминации ( $R^2$ ), равным 0,62. С увеличением содержания гумуса в пахотном слое наблюдается снижение плотности почвы. Как видно из данных, представленных на рисунке 1, при содержании в почве гумуса на уровне 1,0–1,2 % плотность почвы превышала допустимые значения, а при содержании гумуса на уровне 1,9–2,0 % и выше соответствовала оптимуму.

Показателем, определяющим водно-воздушный режим почв, является их пористость – суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы единицы объема почвы. По оценочной шкале Н. А. Качинского [22], общая пористость пахотного слоя, при которой создаются благоприятные водно-воздушные условия для растений, считается отличной и находится в интервале 55–65 % от объема почвы. Пористость 50–55 % считается удовлетворительной, 50–40 % – неудовлетворительной, 25–40 % – чрезмерно низкой. При величине пористости ниже 40 % нарушается газообмен между почвой и атмосферой, что негативно отражается на росте и развитии растений. Оптимальная общая пористость для зерновых культур составляет 50–58 %, пропашных – 58–65 %.

Плотность и пористость – связанные между собой показатели физического состояния почвы. Уплотнение почвы отрицательно влияет на дифференциальную пористость: во-первых, уменьшается общая пористость за счет резкого сокращения объема крупных водо- и воздухопроводящих пор с эффективным диаметром  $\geq 10$  мкм, обеспечивающих аэрацию почвы, впитывание и фильтрацию воды, а во-вторых, увеличивается объем пор с эффективным диаметром  $< 0,2$  мкм, содержащих недоступную и труднодоступную для растений воду [19]. Эти изменения наблюдаются в почвах как с низким, так и с высоким содержанием органического вещества, но в разных интервалах плотности. Высокая пористость аэрации приводит к значительным потерям влаги на физическое испарение. Установлено, что уменьшение общей пористости с 67 до 55 %, а пористости аэрации с 37 до 18 % снижает скорость испарения на 20 % [23].

В 2017 г. при возделывании озимой пшеницы общая пористость незэродированной почвы характеризовалась как удовлетворительная – в среднем 50 % от объема почвы. Средне- и сильноэродированная почвы отличались неудовлетворительной пористостью – 46–49 %. В среднем

по почвенно-эрозионной катене она составила 48 % или на 1 % ниже оптимума (таблица 2).

В 2018 г. при возделывании овса наблюдалось улучшение воздушного режима всех изучаемых почв независимо от степени эродированности. Общая пористость незэродированной почвы по вариантам опыта колебалась от 54 % (удовлетворительная) на минеральной системе удобрения до 60–64 % (отличная) на органоминеральной системе удобрения. Значения общей пористости средне- и сильноэродированных почв были несколько ниже и изменялись по вариантам опыта в пределах 52–53 и 49–52 % соответственно. В среднем по почвенно-

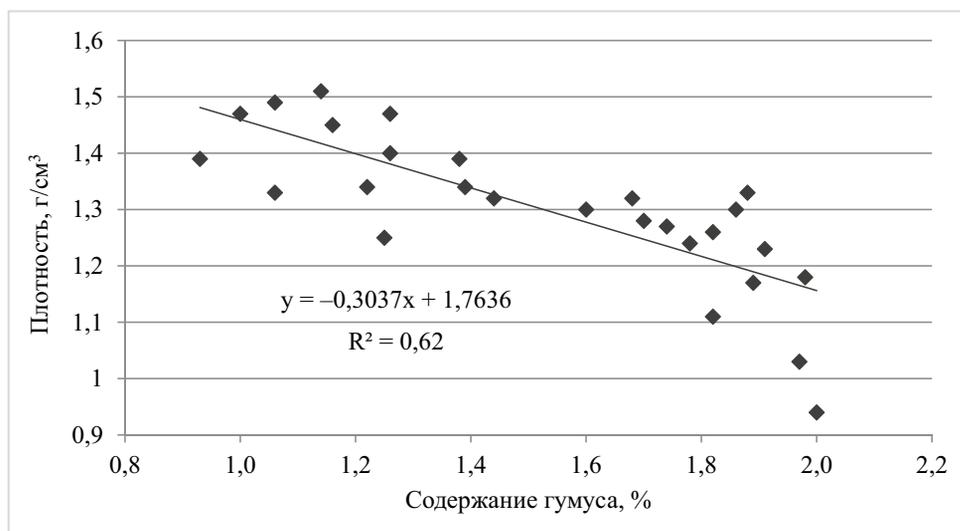


Рисунок 1 – Зависимость плотности почвы от содержания в ней гумуса

Таблица 2 – Изменение общей пористости дерново-подзолистых почв разной степени эродированности под возделываемыми культурами

Система удобрения	Озимая пшеница		Овес		Яровой рапс	
	пористость, %	± к оптимуму	пористость, %	± к оптимуму	пористость, %	± к оптимуму
<b>Незэродированная почва</b>						
Минеральная	50	+1	54	+5	50	+1
Минеральная + известкование почвы	49	0	57	+8	50	+1
Органоминеральная	50	+1	64	+15	54	+5
Органоминеральная + известкование почвы	50	+1	60	+11	55	+6
<b>Среднеэродированная почва</b>						
Минеральная	48	-1	52	+3	46	-3
Минеральная + известкование почвы	48	-1	52	+3	46	-3
Органоминеральная	48	-1	53	+4	50	+1
Органоминеральная + известкование почвы	49	0	53	+4	50	+1
<b>Сильноэродированная почва</b>						
Минеральная	47	-2	50	+1	46	-3
Минеральная + известкование почвы	47	-2	50	+1	44	-5
Органоминеральная	46	-3	52	+3	46	-3
Органоминеральная + известкование почвы	46	-3	49	0	47	-2
<b>В среднем по почвенно-эрозионной катене</b>						
Минеральная	48	-1	52	+3	47	-2
Минеральная + известкование почвы	48	-1	53	+4	47	-2
Органоминеральная	48	-1	56	+7	50	+1
Органоминеральная + известкование почвы	48	-1	54	+5	51	+2

эрозионной катене общая пористость пахотного слоя почвы под овсом составила 52–56 %, что выше оптимального значения на 3–7 %.

В 2019 г. при возделывании ярового рапса значения пористости почв разной степени эродированности колебались от отличного до неудовлетворительного. Применение органических удобрений оказало положительное влияние на этот показатель. Так, на незэродированной почве в вариантах с органоминеральной системой удобрения общая пористость составила 54–55 %, тогда как на минеральной системе – 50 %. Пористость среднеэродированной почвы в вариантах с внесением навоза была удовлетворительной (50 %), а при применении только минеральных удобрений (НРК) – неудовлетворительной (46 %). Аналогичная закономерность в значении данного показателя отмечается и в среднем по почвенно-эрозионной катене.

В наших исследованиях проведен корреляционно-регрессионный анализ данных продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур по вариантам опыта и плотности почв разной степени эродированности. Установлены обратные линейные зависимости урожайности зерна озимой пшеницы и овса, а также семян ярового рапса от плотности пахотного слоя почв. Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) составили: для озимой пшеницы – 0,86, для овса – 0,57, для ярового рапса – 0,84 (рисунок 2).

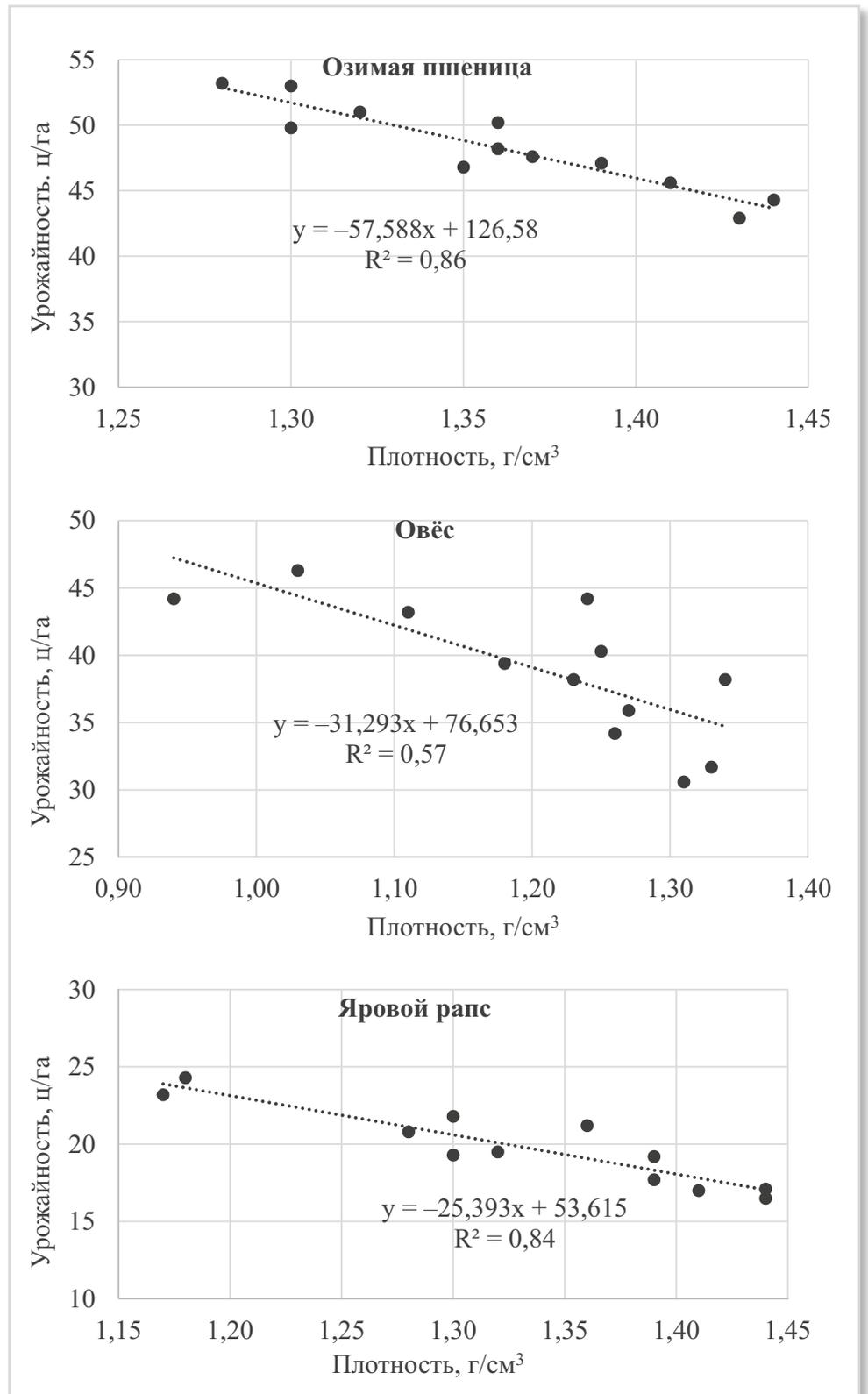
Урожайность зерна озимой пшеницы при оптимальных (1,1–1,2 г/см<sup>3</sup>) и близких к оптимальному значениям плотности почвы составляла 50–53 ц/га, а при плотности почвы выше допустимой снижалась до 43–45 ц/га. При возделывании овса на почвах с оптимальной плотностью получено 40–47 ц/га зерна, а при плотности выше оптимального значения – 30–35 ц/га, семян ярового рапса – 23–25 и 17–20 ц/га соответственно.

**Выводы**

1. Плотность и пористость пахотного слоя дерново-

подзолистых эродированных почв на лессовидных суглинках находились преимущественно в допустимом диапазоне – соответственно 1,28–1,44 г/см<sup>3</sup> и 44–50 % и превышали оптимальные значения на 0,08–0,24 г/см<sup>3</sup> и на 1–3 %.

2. Применение органических удобрений оказывает положительное влияние на разуплотнение почвы. При возделывании овса и ярового рапса плотность пахотного



**Рисунок 2 – Зависимость урожайности возделываемых культур от плотности пахотного слоя почвы**

слоя в вариантах с органоминеральной системой удобрения в среднем по почвенно-эрозионной катене была на 0,06–0,11 г/см<sup>3</sup> ниже по сравнению с минеральной системой удобрения.

3. Существует сильная корреляционная связь между плотностью почвы и содержанием в ней гумуса – коэффициент корреляции равен 0,78. При содержании в почве гумуса на уровне 1,0–1,2 % плотность почвы превышает допустимые значения, а при содержании гумуса на уровне 1,9–2,0 % и выше соответствует оптимуму.

4. Установлена тесная зависимость урожайности зерна озимой пшеницы ( $r = 0,93$ ) и овса ( $r = 0,75$ ), а также семян ярового рапса ( $r = 0,92$ ) от плотности пахотного слоя почв. Урожайность озимой пшеницы, овса и ярового рапса при оптимальных и близких к оптимальному значениях плотности почвы составляет соответственно 50–53 ц/га, 40–47 и 23–25 ц/га. Увеличение плотности до допустимых значений приводит к недобору урожая озимой пшеница на 11–19 %, овса – на 20–29, ярового рапса – на 12–21 %.

#### Литература

1. Сорочкин, В. М. Структура почв как фактор их плодородия в интенсивных системах земледелия / В. М. Сорочкин // Агропочвоведение и плодородие почв: тез. док. Всесоюз. науч. конф. – Ленинград, 1986. – Ч. 2. – С. 22–23.
2. Influence of organic and synthetic fertilizers on soil physical properties / S. S. Malik [et al.] // Intern. J. of Current Microbiology a. Appl. Scienc-es. – 2014. – Vol. 3, № 8. – P. 802–810.
3. Медведев, В. В. Изменчивость оптимальной плотности почв и ее причины / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 20–30.
4. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под общей редакцией В. В. Лапа, А. Ф. Черныша. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 170 с.
5. Афанасьев, Н. И. Основные проблемы физики дерново-подзолистых почв БССР и пути их решения / Н. И. Афанасьев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 128–138.
6. Иванов, А. Изучение влияния плотности почвы на ее плодородие и количество недоступной влаги в ней / А. Иванов, К. Стойнев // Сб. тр. по агрономической физике. – 1967. – Вып. 14. – С. 24–30.
7. Жилко, В. В. Особенности применения удобрений на эродированных почвах / В. В. Жилко, О. В. Чистик, К. И. Довбан // Аналит. обзор. – Минск, 1990. – 36 с.
8. Кочетов, И. С. Эродированные почвы Центрального Нечерноземья и их интенсивное использование / И. С. Кочетов. – М., 1988. – 147 с.
9. Трегубов, П. С. Плодородие почв, подверженных водной эрозии, и пути его повышения / П. С. Трегубов, В. И. Шурикова. – М.: Колос, 1981. – 60 с.
10. Jonston, A. E. Soil fertility and soil organic matter / A. E. Jonston // Advances of Soil Organic Matter Research: The Impact on Agriculture and the Environment. – Cambridge, 1992. – P. 299–314.
11. Мельников, С. П. Изменение физических условий плодородия дерново-подзолистых суглинистых почв в агроценозах / С. П. Мельников, Д. В. Чернов // Тез. докл. II съезда об-ва почвоведов. – СПб., 1996. – Кн. 1. – С. 97–98.
12. Николаевич, Г. И. Влияние системы применения удобрений на изменение агрофизических свойств почвы / Г. И. Николаевич // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2000. – Вып. 31. – С. 83–92.
13. Fertilizer Recommendations / ReferenceBook 209. HMSO. – London, 1988. – 186 p.
14. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
14. Юхновец, А. В. Влияние основной обработки на физические свойства, биологическую активность и противозерозионную стойкость дерново-подзолистых почв на моренных суглинках: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / А. В. Юхновец. – Минск, 2004. – 20 с.
16. Современное состояние агрофизических свойств почв Белорусского Поозерья / А. Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 19–28.
17. Современное агрофизическое состояние почв центральной почвенно-экологической провинции / А. Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 15–25.
18. Цырибко, В. Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе / В. Б. Цырибко // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 36–44.
19. Кузнецова, И. В. Об оптимальной плотности почв / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 43–54.
20. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
21. Бондарев, А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А. Г. Бондарев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31–37.
22. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
23. Долгов, С. И. О критериях оптимального сложения пахотного слоя почвы / С. И. Долгов, И. В. Кузнецова, С. А. Модина // Проблемы обработки почвы: док. Междунар. совещ., Варна. – София: Изд-во Болгарской АН, 1970. – С. 31–142.

УДК 631.8:631.559:633.171

## Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику роста и накопление сухого вещества растениями проса различных сортов

Т. Ф. Персикова, доктор с.-х. наук, Ю. В. Козотько, соискатель  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 17.07.2020 г.)

В статье приведены результаты исследований о влиянии макро-, микроудобрений, бактериального препарата

The article presents the results of studies on the effect of macro-, micro-fertilizers, a bacterial preparation and plant