

Агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах*

*Ю.В. Кафтан, к.с.-х.н., Н.А. Зенкова, к.с.-х.н.,
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН*

Проблема изучения рационального использования почвенного покрова с учётом особенностей почвы как природных образований и важнейших компонентов биогеоценозов, а также их значения как незаменимого средства сельскохозяйственного производства и невозможного природного ресурса актуальна. Сложение и строение пахотного слоя почвы является неотъемлемым условием почвенного плодородия и, как правило, получения высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Агрофизические свойства почвы в значительной степени определяют её плодородие.

Ведущим показателем физического состояния почвы является её плотность, или объёмная масса. Плотность почвы — важнейшее условие высокой продуктивности сельскохозяйственных растений. Она в значительной степени оказывает влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, на интенсивность физико-химических и микробиологических процессов в ней, а через эти показатели — и на урожайность. Каждая сельскохозяйственная культура предъявляет свои требования к плотности, которые меняются в течение всей вегетации.

Главные причины падения урожайности на уплотнённой почве — снижение количества продуктивной влаги, нарушение обмена почвенного и атмосферного воздуха. Нарушение кислородного баланса в почве затрудняет дыхание корней и поглощение ими питательных веществ из раствора, снижает активность микробиологических процессов и мобилизацию питательных веществ.

При увеличении или уменьшении плотности по сравнению с оптимумом урожайность снижается, а при значительном уплотнении резко падает. При

избыточном уплотнении почвы наблюдается недостаток кислорода и избыток углекислого газа, при котором происходит снижение биологической активности почвы и нарушение оптимальных условий жизни растений [1–3].

Наибольшее влияние на уплотнение и переуплотнение почвы оказывают трактора и самоходные орудия. Как свидетельствуют исследования разных авторов, уплотнение, вызванное неоднократными обработками, способствует снижению урожая до 5,1% [4].

При уменьшенной плотности почвы снижается концентрация влаги и пищи в единице объёма, увеличивается потребление воды за счёт испарения, повреждается корневая система растений за счёт оседания и уплотнения почвы [5, 6]. Чрезмерно уплотнённая почва, так же как и слишком рыхлая, неблагоприятна для роста и развития зерновых культур. Рыхлая почва приводит к значительным потерям влаги за счёт выдувания, что в засушливых условиях вызывает снижение урожайности [7, 8].

В последние годы установлена оптимальная объёмная масса почвы для каждой сельскохозяйственной культуры. При такой плотности создаются самые благоприятные условия по тепловому и воздушному, водному и питательному режимам почвы, что способствует получению наибольшего урожая. Она устанавливается на основании проведённых исследований в специальных лабораторно-полевых мелкоделяночных опытах или вегетационных сосудах [9].

По многочисленным данным оптимальная объёмная масса почвы на обыкновенных чернозёмах Среднего Поволжья для яровой пшеницы и ячменя составляет от 1,0 до 1,2 г на см³, на чернозёмах южных и тёмно-каштановых почвах — от 1,2 до 1,3 г на см³. Для кукурузы она находится в пределах

* Исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2018–2020 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003)

от 1,0–1,3 г на см³. При рыхлом сложении (0,9 г на см³) и очень плотном (1,5 г на см³) урожайность кукурузы и других культур снижается.

По данным Кинельской селекционной станции, оптимальная плотность чернозёма обыкновенного для зерновых культур составляет 0,98–1,2 см³. Равновесная же плотность имеет параметры от 1,06 до 1,20 г на 1 см³.

Для южных чернозёмов Оренбургской области оптимальная плотность пахотного слоя почвы для зерновых культур составляет от 1,14 до 1,22 г на см³, для пропашных культур – 1,05–1,20 г на см³ [10, 11].

Кроме оптимальной плотности почвы для каждой почвенной разности имеется так называемая равновесная. Равновесная плотность – величина непостоянная, зависит от погодных условий и времени года. За равновесную плотность принимают величину объёмной массы длительно не обрабатываемой почвы. На основании многолетних исследований установлено, что на чернозёмах оптимальная плотность совпадает с равновесной.

Известно, что сельскохозяйственные культуры формируют наиболее высокие урожаи на почвах с оптимальной для конкретных культур плотностью, особенно когда оптимальная плотность совпадает с равновесной, т.е. плотностью, достигнутой к концу вегетации [12].

Для чернозёмных почв Среднего Заволжья равновесная плотность пахотного слоя составляет от 1,0 до 1,30 г на см³ [5]. Для зерновых культур на чернозёмах южных равновесная плотность почвы в пахотном слое не превышает 1,22, для кукурузы – 1,16 г на м³ [13, 14].

Значимым показателем агрофизических свойств почвы является общая пористость, которая позволяет наиболее полно судить о её водно-воздушном режиме. Пористость почвы зависит от содержания органического вещества, структуры почвенной фауны, обработки и приёмов окультуривания почвы. Уменьшение пористости почвы ниже определённых уровней приводит к нарушению нормального развития микробиологических процессов и жизнедеятельности растений. В агрономическом отношении важно, чтобы общая пористость была в пределах 50–65%. Свыше 65% – происходят интенсивные потери влаги за счёт выветривания [15, 16].

Цель исследования – изучить влияние плотности почвы на урожайность сельскохозяйственных культур в зернопаропропашном, почвозащитном, сидеральном севооборотах.

Материал и методы исследования. Объект исследования – зернопаропропашной, почвозащитный, сидеральный севообороты.

Исследование проводили на опытном поле ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (отдел земледелия и ресурсосберегающих технологий) на базе многолетнего стационара по севооборотам и бессеменным посевам.

Почва опытного участка – чернозём южный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый на тёмно-бурых карбонатных делювиальных опесчаненных суглинках. Показатель рН почвенного раствора – 7,0–8,1. Гидролитическая кислотность – 1,5–2,3 мг/экв. Содержание гумуса в пахотном слое почвы (0–30 см) – 3,2–4,0%, общего азота – 0,20–0,31%, общего фосфора – 0,14–0,22%, обменного калия – 30–38 мг на 100 г почвы.

Исследование охватывает 2012–2015 гг. Схема научно-хозяйственного опыта была представлена тремя вариантами:

I – шестипольный севооборот с чёрным паром;

II – шестипольный севооборот с почвозащитным паром (посев суданской травы);

III – шестипольный севооборот с сидеральным паром (посев овса и гороха).

Результаты исследования. В нашем эксперименте наиболее высокая объёмная масса почвы была весной перед посевом в паровых полях и колебалась от 1,16 г на 1 см³ по почвозащитному, 1,18 г на 1 см³ – по чёрному, до 1,19 г на 1 см³ – по сидеральному парам (табл. 1). От посева до уборки суданской травы объёмная масса в почвозащитном пару изменилась незначительно. В сидеральном пару объёмная масса уменьшилась на 0,06 г на 1 см³, что объясняется применением сидератов, разрыхляющих пахотный горизонт. В чёрном кулисном пару объёмная масса почвы составляла 1,17–1,18 г на 1 см³. Перед уходом пашни в зиму плотность почвы вследствие проведения основной обработки на всех видах пара выравнивалась.

В посевах кукурузы плотность почвы в весенний период составляла 1,18 г на 1 см³ по всем вариантам севооборотов. Это связано с интенсивным воздействием машин и орудий и с проведением многократных междурядных культиваций в весенне-летний период. После уборки кукурузы объёмная масса почвы снижалась за счёт разуплотнения пахотного слоя в результате наличия остаточной влаги. Под первой и второй культурами после пара объёмная масса перед посевом имела практически одинаковые значения. После уборки первой и второй культур отмечалось увеличение объёмной массы от 1,17 до 1,20 г на 1 см³ на посевах яровой твёрдой пшеницы, от 1,18 до 1,20 г на 1 см³ – на посевах яровой мягкой пшеницы по всем вариантам севооборотов.

На посевах последующих культур севооборотов, мягкой пшеницы и ячменя, объёмная масса почвы весной перед посевом составляла 1,10–1,17 г/см³. К уборке произошло уплотнение почвы на этих культурах по всем севооборотам. Это прежде всего связано с механическим воздействием техники на почву, недостаточным количеством почвенной влаги.

Перед уходом пашни в зиму при проведении основной обработки на всех вариантах плотность почвы выравнивалась и имела рыхлое сложение

1. Объёмная масса почвы и урожайность сельскохозяйственных культур
в севооборотах, среднее за 2012–2015 гг.

Вариант севооборота	Пар, культура	Объёмная масса почвы, г на 1 см ³			Урожайность, т с 1 га
		перед посевом	после уборки	перед уходом пашни в зиму	
I зерно-паропропашной	пар чёрный	1,18	1,17	0,96	–
	яровая твёрдая пшеница	1,16	1,17	0,96	0,34
	яровая мягкая пшеница	1,17	1,18	0,97	0,56
	кукуруза	1,18	1,17	0,96	9,6
	яровая мягкая пшеница	1,10	1,16	0,96	0,56
	яровой ячмень	1,11	1,17	0,94	0,73
II почвозащитный	пар почвозащитный	1,16	1,15	0,91	1,00
	яровая твёрдая пшеница	1,15	1,19	0,97	0,34
	яровая мягкая пшеница	1,18	1,20	0,98	0,56
	кукуруза	1,18	1,15	0,96	9,7
	яровая мягкая пшеница	1,10	1,16	0,98	0,56
	яровой ячмень	1,13	1,17	0,90	0,70
III сидеральный	пар сидеральный	1,19	1,13	0,95	–
	яровая твёрдая пшеница	1,18	1,20	0,98	0,33
	яровая мягкая пшеница	1,16	1,18	0,94	0,49
	кукуруза	1,18	1,12	0,96	9,3
	яровая мягкая пшеница	1,17	1,19	0,95	0,56
	яровой ячмень	1,15	1,19	0,97	0,64

от 0,90 до 0,98 г на см³. При такой плотности пахотного слоя почвы наблюдалось увеличение потерь влаги в осенний период.

Урожайность яровой твёрдой пшеницы в среднем за четыре года в последствии различных видов пара составляла 0,34 т с 1 га. Снижение урожая яровой твёрдой пшеницы прежде всего связано с уплотнением пахотного слоя почвы к уборке (табл. 1). В целом объёмная масса после уборки твёрдой пшеницы не выходила за пределы оптимальной равновесной плотности.

Урожай яровой мягкой пшеницы по всем трём видам севооборота составлял 0,56 т с 1 га. Падение урожайности мягкой и твёрдой пшеницы по всем севооборотам связано с переуплотнённой почвой к уборке. При такой плотности, особенно на почвах с тяжёлым механическим составом, увеличивается содержание недоступной для растений влаги, что приводит к снижению урожая. Урожайность ячменя изменилась от 0,64 до 0,73 т с 1 га по севооборотам. Объёмная масса почвы к уборке культуры также увеличилась.

Главными причинами снижения урожайности на уплотнённой почве являются уменьшение количества продуктивной влаги, нарушение обмена почвенного и атмосферного воздуха, что затрудняет дыхание корней и поглощение питательных веществ.

В тесной зависимости с объёмной массой находилась и общая пористость, она была оптимальной в течение вегетации по всем севооборотам и составляла 54–56% (табл. 2). Снижение пористости почвы ниже определённых уровней приводит к нарушению нормального хода микробиологических процессов.

В нашем исследовании общая пористость перед посевом и после уборки находилась в пределах оптимальной. Это способствовало лучшему накоплению и сохранению влаги.

Перед уходом пашни в зиму пористость составляла в пахотном слое почвы 63%. Такая пористость способствует более интенсивным потерям влаги за счёт её выветривания.

На основании проведённого исследования по агрофизическим свойствам почвы можно сделать следующие **выводы**:

– перед посевом наибольшая величина плотности почвы наблюдалась в паровых полях и после второй культуры – яровой мягкой пшеницы за счёт многократных междурядных и сплошных культиваций в весенне-летний период;

– после уборки объёмная масса почвы по кукурузе снижалась, а по другим культурам севооборота, наоборот, повышалась. Такая плотность пахотного слоя почвы способствовала увеличению потерь влаги в осенний период, что привело к снижению урожая культур севооборотов;

– перед уходом пашни в зиму плотность почвы имеет рыхлое сложение и выходит за пределы оптимального и равновесного значений;

– общая пористость почвы перед посевом и после уборки находилась в пределах оптимальной, что способствовало лучшему накоплению и сохранению влаги.

2. Общая пористость почвы в шестипольных севооборотах за четыре года исследования, среднее за 2012–2015 гг.

Вариант	Севооборот	Общая пористость, %		
		перед посевом	после уборки	перед уходом пашни в зиму
I	зернопаропропашной	56	55	63
II	почвозащитный	55	54	63
III	сидеральный	54	54	63

Литература

1. Кислов А.В. Влияние культур и технологий возделывания на агрофизические свойства южных чернозёмов и водопотребление растений в посевах // Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивном ландшафтном земледелии Оренбургской области. Оренбург, 2002. С. 47–51.
2. Кафтан Ю.В. Влияние предшественников на агрофизические свойства чернозёма южного / Ю.В. Кафтан, В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов [и др.] // Инновация и модернизация сельскохозяйственного производства в условиях меняющегося климата. Оренбург, 2011. С. 153–157.
3. Кошеваров Ю.А. Эффективность возделывания яровой твёрдой пшеницы в короткоротационных зернопаровых, беспаровых севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбуржья: дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2001.
4. Шашков В.П., Тулегенов А.А. Минимальная и нулевая технология возделывания зерновых культур в зернопаровом севообороте // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. Оренбург, 2010. С. 181–191.
5. Корчагин В.А. Основы полевых севооборотов степных районов Среднего Поволжья // Агротехнические принципы построения севооборотов в степных районах Среднего Поволжья. Куйбышев: Куйбышев. кн. изд-во, 1985. С. 4–9.
6. Митрофанов Д.В. Эффективность зернопаровых, зернопропашных, зерновых звеньев севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья: дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2006. 184 с.
7. Иванов П.К., Коробова Л.И., Балабанин Н.Н. Пути минимализации и обработки почвы // Земледелие. 1971. № 1. С. 28–31.
8. Корчагин В.А. Основы полевых севооборотов в степных районах Среднего Поволжья // Агротехнические принципы построения севооборотов в степных районах Среднего Поволжья. Куйбышев, 1985. С. 4–9.
9. Максютов Н.А., Жданов В.М., Абдрашитов Р.Р. Повышение плодородия почвы, урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала. Оренбург, 2012. 332 с.
10. Петляев О.В. Продуктивность зерновых культур и кукурузы и плодородие почвы при различных системах обработки в зернопаропропашном севообороте на южных чернозёмах Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2001. 16 с.
11. Блохин Е.В., Климентьев А.И. Почвы. Справочник агронома. Челябинск: Юж-Урал. кн. изд-во, 1989. С. 7–30.
12. Казаков Г.И. Агрофизические показатели плодородия почвы как научные основы её обработки // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 32–38.
13. Максютов Н.А. Основные результаты длительных стационарных исследований в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала / Н.А. Максютов, А.А. Зоров, В.Ю. Скороходов [и др.]. // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух. Оренбург, 2017. С. 143–152.
14. Кафтан Ю.В. Приёмы повышения эффективности парового поля под яровую пшеницу в полевых севооборотах на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья: дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2005. 159 с.
15. Климентьев А.И. Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург, 2000. 433 с.
16. Скороходов В.Ю. Эффективность короткоротационных севооборотов на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья: дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2005. 170 с.