

4
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Cetonia aurata (Linnaeus, 1761)
Золотистая бронзовка
Шовкун Д.Ф.



2019

УЧРЕДИТЕЛЬ
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Ф.Г. Бакиров, 2019

УДК 631.431.1

Ф.Г. Бакиров

ОПТИМАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ЮЖНОГО ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

Цель. Установление диапазонов оптимальной плотности чернозёма южного среднесуглинистого карбонатного для основных полевых культур, возделываемых в Оренбургской области.

Материалы и методы. Объектом исследования является чернозём южный Оренбургского Предуралья. Исследования велись в стационарном опыте по изучению 16 систем обработки почвы на территории Оренбургского ГАУ. Плотность почвы по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см определяли буровым методом Долгова (метод врезания кольца) с применением металлических цилиндров высотой 10 см и объёмом 500 см³.

Результаты. Интервал оптимальных значений плотности почвы зависит от культуры. Его верхние показатели по слоям 10-20 и 20-30 см составляют: для озимых – 1,21 и 1,24 г/см³, яровых ранних – 1,23 и 1,24 г/см³ (1,27 г/см³ – для ячменя), кукурузы 1,15 и 1,20 г/см³ соответственно. Нижние значения оптимальной плотности для всех культур одинаковы и находятся в пределах 1,10-1,16 г/см³. Расчётный диапазон оптимальной плотности составил 1,16 – 1,23...1,27 г/см³, и совпал с интервалом, полученным эмпирическим методом. Установлена тесная зависимость между урожайностью яровой пшеницы и плотностью почвы весной по слою 10-20 см ($r = 0,660$ в 1991 г, $r = 0,496$ в 1992 г и $r = 0,733$ в 1993 г) и по слою 0-10 см ($r = 0,689$; $r = 0,485$ и $r = 0,842$ соответственно).

Заключение. Знание диапазона оптимальной плотности для конкретных почв является необходимым при определении путей его регулирования в соответствии с требованиями культуры.

Ключевые слова: почва, оптимальная плотность почвы, чернозём южный, сельскохозяйственные культуры.

F.G. Bakirov

OPTIMAL DENSITY OF THE CHERNOZEM OF SOUTHERN ORENBURG URAL

Orenburg Federal Research Center, UB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

Objective. Establishment of ranges of optimum density of southern medium-loamy carbonate Chernozem for the main agricultural crops cultivated in the Orenburg region.

Materials and methods. The object of the study is the southern Chernozem of the Orenburg Urals. The research was conducted in a stationary experiment to study 16 systems of soil treatment in the Orenburg GAU. Soil density in layers 0-10, 10-20 and 20-30 cm was determined by the Dolgov drilling method (ring cutting method) using metal cylinders 10 cm high and 500 cm³ in volume.

Results. The interval of optimal values of soil density depends on the culture. The upper indicators for layers 10-20 and 20-30 cm are: for winter-1.21 and 1.24 g/cm³, spring early-1.23 and 1.24 g/cm³ (1.27 g/cm³- for barley), corn 1.15 and 1.20 g/cm³, respectively. The lower values of the optimal density for all crops are the same and are in the range of 1.10-1.16 g/cm³. The calculated range of optimal density was 1.16-1.23...1.27 g/cm³, and coincided with the interval obtained by the empirical method. A close relationship was established between spring wheat

yield and spring soil density in a layer of 10-20 cm ($r = 0.660$ in 1991, $r = 0.496$ in 1992 and $r = 0.733$ in 1993) and in a layer of 0-10 cm ($r = 0.689$; $r = 0.485$ and $r = 0.842$, respectively). *Conclusion.* Knowledge of the optimal density range for specific soils is essential in determining how to regulate it in accordance with the requirement of the culture.

Key words: soil, optimal soil density, southern Chernozem, agricultural crops.

Введение

Вопрос об оптимальной плотности почв для сельскохозяйственных культур как интегральном показателе физических параметров плодородия приобретает все более актуальное значение. Объясняется это тем, что от характеристики физических условий плодородия почв агрономическая наука переходит к поиску путей его регулирования. Создание оптимальной плотности пахотного слоя – важнейший прием повышения урожайности.

Исследования показывают, что растения негативно реагируют как на очень плотное, так и на очень рыхлое сложение почвы. Лучше они развиваются при оптимальной плотности. Отмечаются значительные различия диапазонов оптимальной плотности пахотного слоя в зависимости от гранулометрического состава. Он возрастает от 1,00-1,30 г/см³ у глинистых до 1,25-1,60 г/см³ у песчаных почв [1].

В пределах же одной разновидности почвы диапазон оптимальной плотности почвы зависит от требований культуры. Например, в дерновоподзолистой суглинистой почве он составляет для зерновых колосовых культур 1,20-1,33 г/см³, для пропашных – 1,00-1,20 г/см³ [2]. Важным является установление пределов оптимальной плотности для культур в разрезе разновидности почв.

Отсюда целью исследования явилось установление диапазонов оптимальной плотности чернозёма южного среднесуглинистого карбонатного для основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Оренбургской области.

Материалы и методы

Объектом исследования является пахотный слой чернозема южного среднемощного карбонатного тяжелосуглинистого в стационарном полевом опыте, заложенном 1988 г. на территории учебно-опытного поля Оренбургского ГАУ. Содержание гумуса - 4,4 %; рН - 7,8; N-NO₃ - 10,2 мг/100 г; N-NH₄ - 4,5 мг/100 г; P₂O₅ - 4,5 мг/100 г; K₂O - 35 мг/100 г. В опыте изучается эффективность 16 систем обработки почвы: от классической, с ежегодной

разноглубинной отвальной обработкой, до минимальной, где мелкие рыхления чередуются с прямым посевом. За две ротации севооборота прямой посев проводился 5 раз; в двух случаях повторялся подряд 2 года [3].

Плотность почвы по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см на 1 и 3 повторностях в трехкратном повторении определяли буровым методом (метод врезания кольца) с применением металлических цилиндров высотой 10 см и объемом 500 см³ [4].

Результаты и обсуждение

Границы оптимальной плотности для растений можно установить путем сравнения фактической плотности почвы, сформированной способом обработки, с урожаем зерна. Нами на основании данных полевых опытов установлены параметры оптимальной плотности чернозема южного для зерновых культур и кукурузы.

Надо сказать, что мы согласны с высказыванием В.В. Медведева [5] о том, что под оптимальным параметром плотности сложения мы понимаем не ее величину, измеренную на максимально урожайном варианте во время уборки, либо среднюю величину для всей вегетации культуры, а именно начальную величину. Это делается из тех соображений, что начало вегетации – наиболее важный период в развитии растения, и это тот период, когда мы имеем возможность корректировать плотность сложения в нужном направлении. Нам представляется это логичным еще потому, что как показали исследования, в том числе наши, дрейф плотности почвы за период посев – уборка, при значениях близких к равновесной плотности, очень мал (0,01...0,04 г/см³). И если небольшое уплотнение почвы и нарушает оптимальное соотношение некапиллярных и капиллярных пор в сторону увеличения последних, вряд ли это вызывает затруднения в обеспечении корней растений воздухом, ввиду низкого (ниже НВ) увлажнения почвы к концу вегетации. Причем такая сезонная динамика изменений плотности почвы (с минимумом весной и максимумом осенью) характерны и для целинных, и для залежных земель [6]. Было бы алогичным стремление к созданию оптимальной плотности к концу вегетации потому, что в этом случае вначале она может быть ниже оптимума. К тому же полевые культуры после развития мощной корневой системы (начиная от фазы цветения) уже не предъявляют столь жестких требований к плотности сложения почв [5]. Поэтому при определении оптимальных значений плотности для зерновых культур нами учитыва-

лись данные по сложению почвы после их посева.

В таблице приведены значения плотности сложения слоев 10-20 и 20-30 см. Верхний 0-10 см слой не берется во внимание, поскольку его плотность ввиду обязательной обработки во время посева редко бывает выше 1,10 г/см³ и, как правило, одинакова на всех вариантах.

Таблица. Оптимальная средняя плотность чернозема южного для основных сельскохозяйственных культур (г/см³)

Культура	Слой почвы, см					
	10-20			20-30		
	мини-мальная	макси-мальная	сред-ная	мини-мальная	макси-мальная	сред-ная
Озимая рожь	1,12	1,21	1,17	1,20	1,23	1,22
Озимая пшеница	1,13	1,24	1,19	1,20	1,24	1,22
Яровая пшеница твердая	1,11	1,22	1,17	1,19	1,25	1,24
Яровая пшеница мягкая	1,11	1,21	1,16	1,18	1,24	1,21
Ячмень	1,10	1,23	1,17	1,22	1,27	1,24
Просо	1,16	1,20	1,18	1,19	1,22	1,21
Кукуруза	1,12	1,15	1,14	1,15	1,20	1,18

Интервал оптимальной плотности установлен нами путем подбора значений объемной массы, соответствующих вариантам с наибольшей урожайностью культур за каждый год и вариантов, урожайность в которых снижалась несущественно относительно лучших. Следует отметить, что установить нижние пределы оптимального сложения 10-20 см слоя в полевых исследованиях очень сложно, поскольку плотность ее редко бывает ниже 1,11 г/см³. Хотя в сухие годы имели место единичные случаи снижения урожайности у яровой пшеницы на вспашке при плотности этого слоя 1,05 г/см³, а у ячменя – 1,09 г/см³.

В литературе имеются сведения о том, что параметры оптимальной объемной массы почвы зависят от условий увлажнения в летний период. Так, по данным Г.И. Казакова [7], в засушливые годы значения оптимальной плотности выше и для пшеницы составляют 1,00-1,20 г/см³, а во влажные она ниже на 0,10 г/см³. Аналогичного мнения придерживается В.П. Ковалев [8]. В.В. Медведев считает, что в условиях достаточного увлажнения диапазон

оптимальных параметров плотности расширяется. В наших опытах нет строгой зависимости, и можно только говорить о тенденции повышения уровня оптимальной плотности в условиях засушливого года.

Установлено, что интервал оптимальных значений плотности зависит от культуры. И, как видно из данных таблицы, для яровых ранних культур он примерно одинаков, но для ячменя несколько шире, что говорит о высокой толерантности этой культуры.

Наиболее жесткие требования к плотности сложения предъявляет кукуруза. Для нее интервал значений гораздо уже, а верхний предел оптимальной плотности значительно ниже, чем для зерновых культур. Но надо сказать, что, несмотря на широкий набор полевых культур с разнотипной корневой системой, диапазон оптимальных параметров не столь уж велик и укладывается в пределах 1,11-1,27 г/см³.

Расчеты коэффициентов корреляции и уравнений регрессий показали, что определяющее влияние на рост и развитие озимой ржи оказывает плотность 10-20 см слоя, не менее чем в 31% случаев. Коэффициент корреляции по этому горизонту после посева составил – 0,556. Наибольшая урожайность озимой ржи получена при плотности почвы в этом слое равной 1,10-1,11 г/см³, повышение ее до 1,14-1,20 г/см³ приводило к снижению урожайности. Как показывает уравнение регрессии $Y = 72 - 33k$ и коэффициент регрессии, равный 33,3, при увеличении средней плотности в этом горизонте после посева на 0,01 г/см³ от оптимума урожайность снижается на 0,33 ц/га. В то же время, варьирование объемной массы в пределах 1,00-1,10 в слое 0-10 см и 1,17-1,19 г/см³ в слое 20-30 см не влияло на урожайность, о чем свидетельствуют низкий коэффициент корреляции и отсутствие существенной корреляционной связи.

Еще большее значение плотность почвы приобретает весной, в начале отрастания озимой ржи, когда, как показывают коэффициенты в 68, 85 и 37% случаев соответственно по слоям 0-10 см, 10-20 см и 20-30 см, изменение урожайности озимой ржи обусловлено величиной объемной массы. Как видим, самая тесная зависимость отмечена между урожайностью ржи и плотностью среднего слоя 10-20 см. Наиболее высокой урожайность была при средней плотности почвы 1,08-1,15 г/см³ в слое 0-10 см, 1,12-1,21 г/см³ в слое 10-20 см и 1,15-1,23 г/см³ в слое 20-30 см. Высокая корреляционная зависимость сохранялась вплоть до уборки, но только со слоями 0-10 и 10-20 см ($r = -$

0,885 и – 0,766 соответственно).

Исходя из вышеизложенного, из трех сроков определения плотности следует остановиться на начале отрастания озимой ржи по нескольким причинам. Во-первых, потому что это середина вегетации ржи; во-вторых, вероятность того, что почва к этому моменту приобрела равновесную плотность, наиболее высокая; в-третьих, самое важное, здесь отмечена наиболее тесная зависимость плотности с урожайностью (– 0,826 по слою 0-10 см, – 0,924 по слою 10-20 см, – 0,607 по слою 20-30 см), и для всех слоев получены уравнения регрессии: $Y_1 = 71 - 32x_1$; $Y_2 = 80 - 39x_2$; $Y_3 = 67 - 28x_3$ соответственно.

Верхними пределами оптимальной плотности чернозема южного для озимой ржи являются значения 1,15 г/см³ для слоя 0-10 см, 1,21 г/см³ – 10-20 см и 1,23 г/см³ – 20-30 см. С увеличением плотности на 0,01 г/см³ от этих значений урожайность снижается соответственно по слоям на 0,32; 0,39; 0,28 ц/га. Для пахотного слоя (0-30 см) верхний предел оптимальной плотности равен 1,20 г/см³, а цена возрастания плотности сверх этого значения на 0,01 г/см³ составляет 0,33 ц/га. Установить нижний предел оптимальной плотности в полевых условиях не представляется возможным, поскольку даже при значениях объемной массы почвы ниже 1,16 г/см³, когда пористость аэрации составляет более 20%, и увеличиваются потери воды на физическое испарение, снижение урожайности озимой ржи не наблюдается.

Расчеты коэффициентов корреляции показывают, что более тесная зависимость между урожайностью яровой твердой пшеницы и плотностью почвы весной наблюдается по слою 10-20 см ($r = 0,660$ в 1991 г., $r = 0,496$ в 1992 г. и $r = 0,733$ в 1993 г.) и по слою 0-10 см ($r = 0,689$; $r = 0,485$ и $r = 0,842$ соответственно). По слою 20-30 см связь была очень низкой или отсутствовала вовсе. Последний факт объясняется одинаковыми и высокими значениями объемной массы на всех вариантах.

Для установления расчетных величин нижнего и верхнего пределов оптимальной плотности чернозема южного с целью уточнения данных, полученных эмпирическим методом, мы воспользовались формулой, предложенной И.В. Кузнецовой:

$$d_n = \frac{(100 - A) * d_{мф}}{100 + W * d_{мф}}, \text{ где}$$

d_n – плотность почвы, г/см³; $d_{тф}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³; W – наименьшая влагоемкость (НВ), % от массы; A – содержание воздуха, % [9].

Согласно этой формуле верхняя граница оптимальной плотности соответствует такой ее величине, при которой содержание воздуха в почве составляет не менее 15% при влажности равной наименьшей влагоемкости (НВ). Нижняя граница соответствует плотности, при которой в почве содержание воздуха при насыщении ее водой до НВ не будет превышать 20%, так как при больших значениях содержания воздуха резко увеличиваются потери влаги на физическое испарение. Расчеты показали, что при содержании воздуха 15% верхний предел оптимальной плотности составляет – 1,23 г/см³. Нижний предел оптимальной плотности (при А равном 20%) составляет 1,16 г/см³. Одновременно эта величина является верхним пределом для кукурузы. По мнению других авторов, нижний предел содержания воздуха для зерновых культур составляет 12%. В этом случае верхняя граница оптимальной плотности составляет 1,27 г/см³.

Таким образом, диапазон оптимальной плотности для зерновых культур, полученный расчётным способом, составил 1,16-1,23...1,27 г/см³, и совпал с данными, полученными эмпирическим методом.

Заключение

Верхние значения оптимальной плотности чернозема южного по слоям 10-20 и 20-30 см составляют: для озимых – 1,21 и 1,24 г/см³, яровых ранних – 1,23 и 1,24 г/см³ (1,27 г/см³ – для ячменя), кукурузы 1,15 и 1,20 г/см³ соответственно. С увеличением плотности на 0,01 г/см³ от этих значений урожайность озимых снижается на 0,04 и 0,03 т/га, яровой пшеницы – на 0,05 и 0,06 т/га соответственно. Нижние значения оптимальной плотности для всех культур одинаковы и находятся в пределах 1,10-1,16 г/см³. Расчётный диапазон оптимальной плотности составил 1,16 – 1,23...1,27 г/см³, и совпал с интервалом, полученным эмпирическим методом.

При оценке плотности пахотного слоя почвы необходимо учитывать состояние слоев 10-20 и 20-30 см, так как при оптимальных значениях объемной массы 0-30 см слоя, плотность их часто выходит за верхний предел оптимума. Сложение же верхнего 0-10 см слоя, ввиду обязательной обработки до посева или непосредственно при посеве, бывает рыхлым и редко превышает значения 1,12 г/см³. Знание диапазона оптимальной плотности для конкретных почв является необходимым при определении путей его регулирования в соответствии с требованием культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ, 2005: 17.
2. Коржов С.И., Трофимова Т.А. Земледелие Центрального Черноземья. Воронежский ГАУ, 2016: 90.
3. Бакиров Ф.Г., Мушинская Р.С., Федюнин С.А., Ягофаров Р.Ф. Влияние фитосанитарного состояния посевов и системы обработки на продуктивность агроценозов. Известия ОГАУ. 2007. 3 (15): 80-85.
4. Модина С.А., Долгов С.И., Польский М.Н. Сложение и структурное состояние почвы. Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966.
5. Медведев В.В. Изменчивость оптимальной плотности сложения почв и ее причины. Почвоведение. 1990. 5: 20-30.
6. Слюсаренко В.В. Самоуплотнение и разуплотнение почв в естественных условиях и после прохода энергонасыщенной техники. Техника в сельском хозяйстве. 2001.3: 8-11.
7. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье. Самара: СамВен, 1997. 196 с.
8. Ковалев В.П. Плотность сложения почвы и урожай. Почвоведение. 1992. 11: 111-115.
9. Кузнецова, И.В. Об оптимальной плотности почв. Почвоведение. 1990. 5: 43-54.

Поступила 16 октября 2019 г.

(Контактная информация: Бакиров Фарит Галиуллович – д. с.-х. н., зав. лабораторией БВТ Отдела геоэкологии ОФИЦ УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59; Тел./факс (3532) 77-06-60; E-mail: f.bakirov@mail.ru).

LITERATURE

1. Shein E.V. Soil physics course. M.: Moscow State University Publishing House, 2005: 17.
2. Korzhov S.I., Trofimova T.A. Agriculture of the Central Black Earth Region. Voronezh State Agrarian University, 2016: 90.
3. Bakirov F.G., Mushinskaya R.S., Fedyunin S.A., Yagofarov R.F. The influence of the phytosanitary state of crops and the processing system on the productivity of agrocenoses. News of the OGAU. 2007.3 (15): 80-85.
4. Modina S.A., Dolgov S.I., Polsky M.N. Addition and structural condition of the soil. Agrophysical soil research methods. M.: Nauka, 1966.
5. Medvedev V.V. Variability of the optimum density of soil composition and its causes. Soil Science. 1990. 5: 20-30.
6. Slyusarenko V.V. Self-compaction and decompaction of soils under natural conditions and after the passage of energy-saturated equipment. Technique in agriculture. 2001. 3: 8-11.
7. Kazakov G.I. Tillage in the Middle Volga. Samara: SamVen, 1997. 196 p.
8. Kovalev V.P. Soil density and yield. Soil science. 1992.11: 111-115.
9. Kuznetsova, I.V. About optimal soil density. Soil science. 1990. 5: 43-54.

Образец ссылки на статью:

Бакиров Ф.Г. Оптимальная плотность чернозёма южного Оренбургского Предуралья. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. 4. 8с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/FGB-2019-4.pdf>).

DOI: 10.24411/2304-9081-2019-15015