

Исследование содержания подвижного фосфора в почвах чернозёмов обыкновенных при различных способах обработки

*И.Н. Ильинская, д.с.-х.н., В.И. Малько, к.с.-х.н.,
Л.И. Игнашева, ст.н.с., С.А. Тарадин, аспирант,
Донской зональный НИИСХ РАСХН*

Подсолнечник принадлежит к группе наиболее ценных и высокодоходных культур, посевные площади которого в Ростовской области составляют более 1 млн га, в России – более 5 млн га. Ростовская область – самая крупная база производства подсолнечника в России. От уровня валового сбора семян зависит не только удовлетворение потребностей населения в пищевом растительном масле, но и в значительной мере обеспечение животноводства высокобелковым кормом. В сложившейся экономической ситуации при постоянно возрастающей стоимости техники, энергоресурсов и других материальных средств, необходимых для получения урожая, высокая экономическая эффективность производства подсолнечника может быть обеспечена лишь при адекватном и постоянном наращивании урожайности этой культуры [1].

В условиях засушливого земледелия Ростовской области для благоприятного роста и развития подсолнечника важнейшее значение имеет обеспеченность почвенной влагой и питательными веществами. В связи с этим для создания оптимальных условий выращивания подсолнечника особое значение приобретает обработка почвы.

При этом определяющим фактором является водно-пищевой режим почвы, который складывается по-разному, в зависимости от типа самой почвы и её агрофизического состояния, климатических и погодных условий, особенностей предшествующей культуры, способов и сроков её уборки, видового состава сорняков, степени засорённости полей и т.д. Учитывая все эти факторы, в различных почвенно-климатических зонах основная обработка почвы под подсол-

нечник имеет свои особенности, но при этом требуется строгое сочетание и последовательность технологических операций [2].

Важнейшая роль фосфора определяется тем, что он, участвуя в углеводном и энергетическом обмене на клеточном уровне, способствует прорастанию семян, усилению развития растений, особенно корневой системы в ранний период развития, ускорению образования репродуктивных органов, выполняет и другие важные функции. Это обуславливает актуальность исследования содержания подвижного фосфора в почвах при различных способах основной её обработки [3].

Материал и методы исследования. Исследования проводятся на участке многофакторного стационарного опыта, расположенном на склоне балки Большой лог Аксайского района Ростовской области. Опыт был заложен в 2011 г. в системе контурно-ландшафтной организации территории склона юго-восточной экспозиции крутизной до 3,5–4°.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжелосуглинистый, на лёссовидном суглинке. Мощность $A_{\max} = 25 - 30$ см, $A+B$ – от 40 до 90 см – в зависимости от степени смытости. Порозность пахотного горизонта – 61,5%, подпахотного – 54%.

Схема опытов предусматривала посев подсолнечника в севообороте со следующим чередованием культур: пар чистый, озимая пшеница, озимая пшеница, подсолнечник, яровой ячмень. Предшественник подсолнечника – озимая пшеница. Удобрённый фон для подсолнечника – N_{40} , на 1 га севооборотной площади – 8 т навоза + $N_{84}P_{30}K_{48}$.

Исследовали четыре системы основной обработки почвы: отвальную обработку, чизельную, комбинированную, поверхностную. Отвальная обработка велась плугом ПЛН-4-35 на глубину 23–25 см, чизельная – чизельным плугом

ПЧ-4,5 на глубину 27–30 см, комбинированная – агрегатом АКВ-4 на глубину 14–15 см, поверхностная обработка – дисковыми бородами БДТ-3 на 16–18 см.

Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднее многолетнее количество осадков за год составляет 492 мм, распределение их в течение года в основном неблагоприятное. За весенне-летний период выпадает 260–300 мм. Накопление влаги в почве начинается в основном в конце октября-ноября, максимальный её запас отмечается ранней весной (с середины марта до начала апреля).

Основной утверждённой методикой выполнения измерений концентраций подвижных минеральных форм фосфора и калия является их определение по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91). Данный ГОСТ предписывает извлечение фосфора и калия из почвы раствором углекислого аммония массовой концентрации 10 г/дм³ (1%) с рН=9,0 при соотношении массы почвы к объёму раствора 1:20. При получении вытяжек, окрашенных органическими соединениями, их окисляют обработкой смеси $KMnO_4 + H_2SO_4$, что приводит к обесцвечиванию вытяжки. При этом органически связанный фосфор переходит в минеральную фракцию, что завышает содержание подвижного минерального фосфора [4].

Ранее для отделения органически связанного фосфора от минерального использовали методики, включающие обработку вытяжек или почв активированным углём, но использование активированного угля затруднено из-за сложности его подготовки к анализу [5]. Для устранения указанных недостатков был разработан метод определения минерального фосфора без окисления органического компонента [6].

При окрашивании почвенных вытяжек, полученных по ГОСТу 26205-91 непосредственно без окисления органического компонента, авторами

было выявлено, что на измерение содержания минерального фосфора при 900 нм окраска органической фазы влияет незначительно. Измерения при 710 нм, напротив, показывают сильное неселективное поглощение и невозможность прямого определения минерального фосфора без предварительного разделения органического и минерального компонента вытяжки. На основе этих данных был разработан ОСТ 10256-2000, позволяющий определить содержание минерального фосфора непосредственно в углеаммонийной вытяжке [7].

Для определения содержания фосфора в органической и минеральной фазе нами были проведены измерения содержания фосфора в почвенных вытяжках по методу Мачигина согласно ГОСТу 26205-91 и ОСТу 10256-2000. Органически связанный фосфор определяли по разности результатов, полученных данными методами.

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову с привлечением пакета программ Microsoft Excel «Описательная статистика» [8].

Результаты исследования. При анализе почвенных образцов, проведённом общепринятым методом по ГОСТу 26205-91, выявлено, что на неудобренном фоне в слое 0–30 см содержание подвижного фосфора при чизельной обработке почвы было на 5,7% больше, а при комбинированной и поверхностной – на 3,5 и 25,2% меньше, чем при отвальной, в то время как в слое 30–50 см преимущество имела отвальная обработка (35,5 мг/кг), превышающая его содержание при других способах обработки на 16–30,7% (табл. 1).

На удобренном фоне накоплению подвижного фосфора способствовала отвальная обработка почвы, при которой отмечено максимальное его содержание как в пахотном, так и в подпахотном слоях (84,8 и 57,5 мг/кг), что выше на 4,6–12,8 и 16,0–38,7% соответственно.

1. Содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы чернозёмов обыкновенных в зависимости от способа основной её обработки и фона питания, мг/кг; 2012 г.

Способ основной обработки	Фон без удобрений		Фон с удобрениями	
	0–30 см	30–50 см	0–30 см	30–50 см
ГОСТ 26205-91 (по методу Мачигина)				
Чизельная	60,8	29,7	74,6	36,3
Комбинированная	55,7	28,1	77,2	35,3
Поверхностная	43,0	24,6	80,9	48,3
Отвальная	57,5	35,5	84,8	57,5
НСР ₀₅	20,9	16,0	29,8	29,0
ОСТ 10256-2000				
Чизельная	57,7	30,6	72,4	29,3
Комбинированная	56,8	27,7	77,5	33,4
Поверхностная	40,5	25,2	79,6	48,0
Отвальная	58,2	34,3	82,0	59,5
НСР ₀₅	19,5	17,9	25,1	29,5

2. Сравнение результатов статистической обработки данных содержания подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы чернозёмов обыкновенных по ГОСТу 26205-91 (1) и ОСТу 10256-2000 (2), 2012 г.

Статистические показатели	Фон без удобрений				Фон с удобрениями			
	0–30 см		30–50 см		0–30 см		30–50 см	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Среднее	55,1	53,3	29,5	29,5	79,4	77,9	44,4	42,6
Стандартная ошибка	6,1	5,9	3,5	3,8	4,8	3,9	5,4	6,7
Стандартное отклонение	24,6	23,7	14,0	15,3	19,0	15,8	21,5	26,6
Дисперсия выборки	603,5	561,8	197,0	234,2	362,8	249,0	463,1	708,3
Экссесс	-1,5	-1,6	-0,2	0,9	-0,4	2,5	1,5	2,6
Асимметричность	0,2	0,2	0,6	1,1	0,2	1,2	1,4	1,7
Коэффициент вариации Cv	44,6	44,5	47,6	52,0	24,0	20,3	48,5	62,5
Уровень надёжности (95,0%)	13,1	12,6	7,5	8,2	10,2	8,4	11,5	14,2

Примечание: общий размер выборки – 192 образца с учётом слоя почвы и фона питания

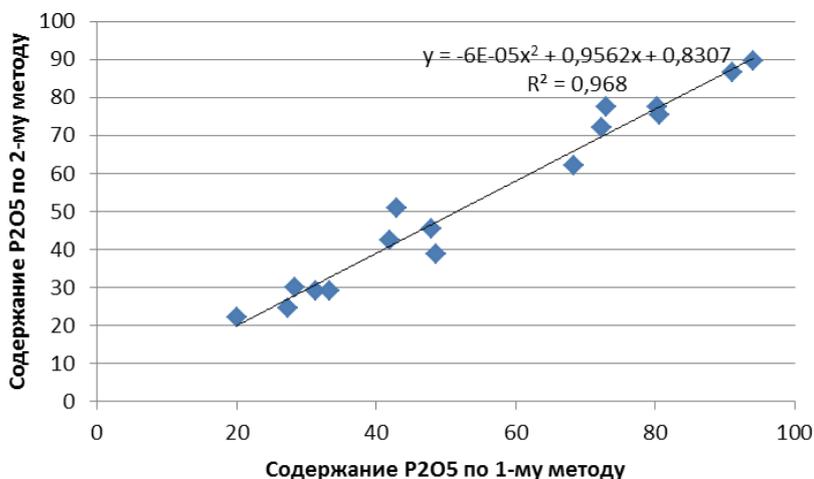


Рис. – Аппроксимация результатов определения содержания подвижного фосфора в слое 0–30 см на неудобренном фоне по Мачигину и ОСТу 10256–2000

Анализ тех же образцов почвы на неудобренном фоне, проведённый по ОСТу 10256-2000, показал, что по содержанию подвижного фосфора также превалировала отвальная обработка почвы как в пахотном (58,2 мг/кг), так и подпахотном (34,3 мг/кг) слоях. Незначительное снижение его содержания отмечено при комбинированной и чизельной обработках, в то время как поверхностная обработка снизила этот показатель на 30,4%. Та же тенденция сохранилась и на удобренном фоне.

Вместе с тем установлено, что на изменение содержания подвижного фосфора в почве большее влияние оказывает уровень питания, нежели способы основной обработки, которые определяют изменения в пределах наименьшей существенной разности.

При статистической обработке полученных результатов установлено, что как на удобренных, так и на неудобренных вариантах содержание фосфора в пахотном слое почти вдвое превышало его значения в подпахотном слое; стандартная ошибка для пахотного слоя на неудобренном фоне была больше, чем для подпахотного, и больше, чем на удобренном фоне (табл. 2).

Отмечено, что для пахотного слоя стандартное отклонение меньше по второму методу, чем

по первому общепринятому, что подтверждает дисперсия выборки и коэффициент вариации. Для подпахотного слоя наблюдалась обратная закономерность. Вариабельность полученных данных на среднем уровне была отмечена лишь для пахотного слоя на удобренном фоне, остальные варианты опыта показали значительное варьирование.

Отрицательный эксцесс на неудобренном фоне характеризует преимущественную относительную сглаженность распределения данных по сравнению с нормальным, тогда как положительный эксцесс на удобренном фоне обозначает относительно остроконечное их распределение. Положительная (правосторонняя) асимметрия указывает на отклонение распределения в сторону положительных значений для всего массива данных.

При сравнении результатов анализа образцов почвы, полученных по двум методам определения подвижного фосфора, отмечено, что сходимость их значений в пахотном слое была достаточно высока, что подтверждается коэффициентами достоверности аппроксимации 0,968 и 0,830, имеющими более высокие значения на неудобренном фоне (рис.).

В подпахотном слое достоверность аппроксимации полученных данных практически не зависит от фона питания, составляя 0,944–0,945.

Выводы. В результате исследований установлено, что на удобренном фоне накоплению подвижного фосфора способствовала отвальная обработка почвы, при которой отмечено максимальное его содержание как в пахотном, так и в подпахотном слоях (84,8 и 57,5 мг/кг), что выше, чем при других способах обработки, на 4,6–12,8 и 16,0–38,7% соответственно. На неудобренном фоне в пахотном слое преимущество (5,7%) имела чизельная обработка почвы, в подпахотном слое – отвальная обработка. Динамика содержания подвижного фосфора в почве больше зависит от уровня питания, чем от способов основной обработки, которые определяют изменения в пределах наименьшей существенной разности.

Для пахотного слоя стандартное отклонение было меньше по второму методу, чем по первому общепринятому, что подтверждает дисперсия выборки и коэффициент вариации. Вариабельность полученных данных на среднем уровне отмечена лишь для пахотного слоя на удобренном фоне, для остальных вариантов опыта наблюдалось весьма значительное варьирование.

С целью повышения точности определения содержания подвижного фосфора в почве предлагается ввести в качестве корректирующих следующие коэффициенты: для пахотного слоя на неудобренном фоне 0,968, на удобренном – 0,83; для подпахотного слоя на обоих фонах питания – 0,945.

Литература

1. Листопадов И.Н., Шапошникова И.М. Плодородие почвы в интенсивном земледелии. М.: Россельхозиздат, 1984. 205 с.
2. Белевцев Д.Н., Макарова В.Д. Влияние удобрений на продуктивность подсолнечника в зоне недостаточного увлажнения // Земледелие. 2005. № 5. С. 10–11.
3. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. и др. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, 2011. 689 с.
4. ГОСТ 26205-91 Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.
5. Карпинский Н.П., Гаврилов К.А. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М.: Россельхозиздат, 1969. С. 90–91.
6. Логинов Ю.М., Стрельцов А.Н. Автоматизация аналитических работ и приборное обеспечение мониторинга плодородия почв и качества продукции растениеводства. М.: Агробизнесцентр, 2010. С. 102–108.
7. ОСТ 10256–2000. Методика выполнения измерений концентрации подвижных минеральных форм фосфора и калия по технологии ЦИНАО в углеаммонийной вытяжке из почв по Мачигину. М.: Изд-во Минсельхоза России.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.