

5. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России/ Под ред. академиков Россельхозакадемии А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. 67 с.

6. Каштанов А.Н., Шишов Л.Л., Рожков В.А. Эрозия почв России. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2004. 76 с.

7. Полуэктов Е.В., Балакай Г.Т. Эрозия почв при выпадении ливней на юге Европейской части России // Мелиорация и гидротехника. Том: 12. № 2. 2022. С. 1-19.

8. Опустынивание. Проблема опустынивания и пути ее решения Режим доступа: <https://ug-plastics.ru/ekoproblemy/antropogennoe-opustynivanie-eto.html>. Дата обращения 10.04.2023 г.

9. Опустынивание земель, как глобальная экологическая проблема Режим доступа: <https://vyvoz.org/blog/opustynivanie-zemel/>. Дата обращения 10.04.2023 г.

10. Состояние почв Российской Федерации 28 февраля, 2022 Режим доступа: <https://kamen-art.ru/sostoyanie-pochv-rossiyskoy-federatsii/> Дата обращения: 10.04.2023 г.

11. О выполнении мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв в Ростовской области. Режим доступа: <https://www.donland.ru/result-report/1419/>. Дата обращения: 10.04.2023 г.

12. Стратегия социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года. Режим доступа: <https://www.donland.ru/activity/2158/>. Дата обращения: 10.04.2023 г.

УДК 631.8:633.63

DOI: 10.34924/FRARC.2023.87.67.059

## **АГРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**Банецкая Е.В., к.с.-х.н., зав. лаб. земледелия, агрохимии и защиты  
растений**

ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт сои,  
675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19  
e-mail: [bev@vniisoi.ru](mailto:bev@vniisoi.ru)

**Реферат.** Исследования проводили в длительном стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои на луговой черноземовидной почве. На основании корреляционно-регрессионного анализа установлено, что при прямом действии удобрений урожайность пшеницы в большей степени зависит от содержания минерального азота в почве и общего количества микроорганизмов, а при их последствии – от содержания подвижного фосфора и коэффициента минерализации органического вещества. Корреляционный анализ в посевах сои при внесении удобрений выявил наиболее сильную взаимосвязь урожайности сои с содержанием минерального азота и среднюю – с содержанием подвижного фосфора в почве в период цветения – образование бобов, что свидетельствует о необходимости в определенном уровне азота в почве в начальные фазы развития культуры для формирования повышенной урожайности.

**Ключевые слова:** агрохимические показатели, микробоценоз почвы, луговая черноземовидная почва, длительное применение удобрений, пшеница, соя, урожайность.

## **AGROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF YIELD OF AGRICULTURAL CROPS**

**Banetskaya E.V.**, Candidate of Agricultural Sciences,  
Head lab. agriculture, agrochemistry and plant protection

Federal Research Center All-Russian Research Institute of Soybeans,  
675027, Amur region, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 19  
e-mail: [bev@vniisoi.ru](mailto:bev@vniisoi.ru)

**Abstract.** The studies were carried out in a long-term stationary experiment of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center of the All-Russian Research Institute of soybeans on meadow chernozem-like soil. Based on the correlation-regression analysis, it was found that under the direct action of fertilizers, wheat yield to a greater extent depends on the content of mineral

nitrogen in the soil and the total number of microorganisms, and under their aftereffect, on the content of mobile phosphorus and the mineralization coefficient of organic matter. Correlation analysis in soybean crops during the application of fertilizers revealed the strongest relationship between soybean yield and the content of mineral nitrogen and the average – with the content of mobile phosphorus in the soil during flowering – the formation of beans, which indicates the need for a certain level of nitrogen in the soil in the initial phases of crop development for formation of increased productivity.

**Keywords:** agrochemical indicators, soil microbiocenosis, meadow chernozem-like soil, long-term use of fertilizers, wheat, soybeans, yield.

**Введение.** Изучению особенностей минерального питания сои и пшеницы, агрохимических свойств почвы, структуры микробных комплексов и влияния на них различных систем удобрений посвящено достаточно много исследований на разных типах почвы в зависимости от условий выращивания (Сычев, 2016; Хамова, 2020; Selezneva, 2020; Malynovska, 2021). Однако экспериментальных данных о составе и структуре микробных сообществ в условиях длительного применения минеральных и органических удобрений на луговых черноземовидных почвах в посевах сои и пшеницы при их возделывании в севообороте в настоящее время недостаточно для решения проблемы повышения урожайности культур. Поэтому целью нашего исследования было установление взаимосвязи урожайности сельскохозяйственных культур с агрохимическими показателями и микробоценозом луговой черноземовидной почвы.

**Методы исследований.** Исследования проводили в длительном стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, заложенном в 1962-1964 гг. В таблице 1 выделены культуры и варианты, выбранные для изучения.

Таблица 1 – Схема длительного стационарного опыта

Вариант	Удобрения, кг д.в. в среднем за год на 1 га с/о площади	Овёс	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
1	Без удобрений	-	-	-	-	-
2	P <sub>30</sub>	P <sub>30</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>60</sub>	-	-
3	N <sub>24</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	-	-
4	N <sub>24</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub>	P <sub>60</sub>	-
5	N <sub>24</sub> P <sub>30</sub> K <sub>24</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	P <sub>60</sub>	-
6	N <sub>42</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	0	N <sub>30</sub>
7	N <sub>42</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	P <sub>30</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>
8	N <sub>42</sub> P <sub>48</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	P <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>

9	N <sub>24</sub> P <sub>30</sub> + навоз 4,8 т	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> + навоз 12 т	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub>	P <sub>60</sub> + навоз 12 т	-
---	---	---	---------------------------------	-----------------	---------------------------------	---

В почвенных образцах определяли: подвижный фосфор и калий – методом А.Т. Кирсанова (ГОСТ 26207 – 91), минеральный азот как сумму обменного аммония – методом ЦИНАО (ГОСТ 26489 – 85) и нитратного азота – методом ЦИНАО (ГОСТ 26951 – 86), гумус по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (Соколов, 1975), его активные компоненты по методике ВНИИА (Методы..., 2010). Численность функциональных групп микроорганизмов определяли методом посева почвенной суспензии на твердые питательные среды (МПА, КАА, Чапека) по Коху с разведением почвы по Пастеру (Титова, 2011).

**Результаты и обсуждение.** Исследование взаимосвязей урожайности культур с агрохимическими показателями и микробиологической деятельностью почвы выявило различия характера этих зависимостей при внесении удобрений и при их последствии. В посевах пшеницы, идущей 3-ей культурой севооборота, корреляционно-регрессионный анализ показал тесную связь между урожайностью, содержанием элементов минерального питания и общим количеством микроорганизмов в почве. Формирование повышенного урожая на 82 % происходило за счет азота, внесенного с удобрениями и образовавшегося в результате деятельности микроорганизмов, о чем свидетельствуют  $\beta$  коэффициенты, определенные в фазу выхода в трубку пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Множественная регрессия урожайности пшеницы с содержанием элементов минерального питания и общим количеством микроорганизмов в почве, фаза выхода в трубку при внесении удобрений непосредственно под культуру, 2014, 2016, 2021 гг.

Уравнение регрессии: $Y = -1,126 + 0,070x_1 + 0,007x_2 + 0,009x_3 + 0,025x_4$	
N = 12, R = 0,91, R <sup>2</sup> = 0,82	
	$\beta$ коэффициент
x <sub>1</sub> – минеральный азот, мг/кг почвы	0,63*
x <sub>2</sub> – подвижный фосфор, мг/кг почвы	0,20
x <sub>3</sub> – подвижный калий, мг/кг почвы	0,17
x <sub>4</sub> – общее количество микроорганизмов, млн. КОЕ/г почвы	0,59*
* статистически значимые переменные по величине <i>p</i> -уровней и <i>t</i> -коэффициента Стьюдента	

При последствии удобрений (5-я культура севооборота) урожайность пшеницы в большей степени зависела от содержания фосфора в почве ( $\beta = 0,77$ ) и имела обратную связь с коэффициентом минерализации (таблица 3).

Отрицательная взаимосвязь с соотношением микроорганизмов КАА/МПА говорит о конкурентных отношениях растений пшеницы с иммобилизирующей микрофлорой за элементы минерального питания при отсутствии их дополнительного внесения.

Отсутствие существенных связей между показателями численности микроорганизмов с содержанием лабильных форм гумуса в посевах пшеницы, идущей третьей культурой севооборота, указывает на использование микрофлорой азота удобрений в качестве источника питания в период кущения – выхода в трубку пшеницы. При последствии удобрений (5-я культура севооборота) выявлена тесная корреляционная связь каждой группы микроорганизмов с водорастворимым гумусом ( $r = 0,76-0,90$ ,  $r_{\text{крит}} = 0,71$ ,  $d_{yx} = 0,58-0,81$ ), а у группы иммобилизаторов и общего количества микрофлоры еще и с подвижными гумусовыми веществами ( $r = 0,74-0,76$ ,  $d_{yx} = 0,55-0,58$ ). Высокие показатели взаимосвязи указывают на активное использование микроорганизмами органических соединений почвы при отсутствии минеральных веществ удобрений, при этом почвенные микроорганизмы интенсивно потребляют органические остатки и способствуют их разложению.

Таблица 3 – Множественная регрессия урожайности пшеницы с содержанием элементов минерального питания в почве и коэффициентами минерализации и трансформации органических остатков, фаза выхода в трубку при последствии удобрений, 2017, 2018, 2021 гг.

Уравнение регрессии: $Y = 11,150 + 0,002x_1 + 0,027x_2 - 0,055x_3 + 0,043x_4 - 0,437x_5$	
N = 12, R = 0,91, R <sup>2</sup> = 0,83	
	β коэффициент
x <sub>1</sub> – минеральный азот, мг/кг почвы	0,01
x <sub>2</sub> – подвижный фосфор, мг/кг почвы	0,77*
x <sub>3</sub> – подвижный калий, мг/кг почвы	-0,89
x <sub>4</sub> – коэффициент трансформации органических остатков	0,16
x <sub>5</sub> – коэффициент минерализации	-0,64*
* статистически значимые переменные по величине <i>p</i> -уровней и <i>t</i> -коэффициента Стьюдента	

Корреляционный анализ в посевах сои при внесении удобрений выявил наиболее сильную взаимосвязь урожайности сои с содержанием минерального азота, и среднюю – с содержанием подвижного фосфора в почве в период цветения – образование бобов (таблица 4). Несмотря на обеспечение растений сои биологическим азотом, существует необходимость в определенном уровне азота в почве в начальные фазы развития культуры для формирования повышенной урожайности.

Таблица 4 – Коэффициенты парной корреляции урожайности сои с содержанием элементов минерального питания и численностью микроорганизмов, 2019–2020 гг.

Показатель	Цветение	Образование бобов
Минеральный азот, мг/кг почвы	<b>0,927</b>	<b>0,959</b>
Подвижный фосфор, мг/кг почвы	0,502	0,408
Подвижный калий, мг/кг почвы	0,192	0,242
Аммонификаторы азота, млн. КОЕ/г почвы	<b>0,650</b>	<b>-0,709</b>
Иммобилизаторы азота, млн. КОЕ/г почвы	<b>0,682</b>	-0,168
Актиномицеты, млн. КОЕ/г почвы	0,594	-0,068
Грибы, тыс. КОЕ/г почвы	-0,504	-0,268
Общее количество микроорганизмов, млн. КОЕ/г почвы	<b>0,723</b>	-0,250
N = 10, $r_{крит} = 0,632$		

Высокие коэффициенты парной корреляции урожайности сои с аммонификаторами ( $r = 0,650$ ) и иммобилизаторами азота ( $r = 0,682$ ) в фазу цветения указывают на взаимосвязь роста и развития растений сои с деятельностью почвенного микробиоценоза. К фазе образования бобов коэффициенты значительно снижаются, следовательно, уменьшается и роль микробного сообщества в почве в повышении урожайности культуры.

**Выводы.** Таким образом, урожайность сельскохозяйственных культур тесно связана с интенсивностью и направленностью круговорота питательных элементов, осуществляемого микробным сообществом. При действии удобрений урожайность пшеницы и сои в большей степени зависит от содержания в почве минерального азота и общего количества микроорганизмов. Уровень урожайности в случае с последствием удобрений в большей степени определяется содержанием подвижного фосфора и величиной коэффициентов минерализации.

### Литература

1. Агрохимические методы исследования почв / А.В. Соколов [и др.]. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Биологическая активность почвы и урожайность яровой пшеницы при использовании органических и минеральных удобрений / В.Г. Сычев, Г.Е. Мерзлая, С.П. Волошин, И.В. Понкратенкова // Плодородие. 2016. № 6. С. 2–4.
3. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв / под ред. В.Г. Сычева, Л.К. Шевцовой. М.: ВНИИА, 2010. 33 с.

4. Титова В.И., Козлов А.В. Методы учета численности и биомассы микроорганизмов почвы. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2011. 40 с.

5. Хамова О.Ф., Тукмачева Е.В., Шулико Н.Н. Влияние применения минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян на микрофлору ризосферы озимой пшеницы и ее урожайность // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 49–58.

6. Influence of crop species on quantity and physiological activity of rhizosphere microorganisms / I. M. Malynovska [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. V. 11(1). P. 286–290. DOI: 10.15421/2021\_43.

7. Selezneva N.A., Aseeva T.A., Fedorova T.N. Anthropogenic impacts on organic matter transformation and biological activity in the meadow brown heavy loamy soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 547. 012034. DOI 10.1088/1755-1315/547/1/012034.

УДК 631.465

DOI: 10.34924/FRARC.2023.71.66.060

## **ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА БИОХИМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

**Наими О.И., к.б.н., заведующий лабораторией агрохимических  
исследований**

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростовская обл.,  
Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1.

e-mail: [o.naimi@mail.ru](mailto:o.naimi@mail.ru)

**Реферат.** Пестициды, широко применяемые в сельском хозяйстве, обладают токсичностью не только для вредных организмов, но и для самих культурных растений, а также для почвенных микроорганизмов. Исследования выявили негативное влияние пестицидов на биохимическую активность чернозема обыкновенного под посевами подсолнечника. Биохимическую активность оценивали как по активности отдельных