

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ ЗЛАКОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Захарова Ольга Алексеевна, Садовая Ирина Игоревна

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Эффективность действия органического удобрения на основе отходов животноводства изучалось по реакции подземных органов злаков. При изменении пищевого режима почвы растения реагируют на это своим ростом, в том числе подземным органом. Целью настоящих исследований явилось изучение формирования подземных органов злаков в севооборотах при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства.

Методология. Изучение формирования подземных органов сельскохозяйственных растений проводилось по методике Рожкова с соавт. в натурной обстановке при выкопке шурфа и визуальном наблюдении распространенности, а также в лаборатории ботаники Рязанского ГАТУ при проведении измерений, расчетов и микроскопировании. Обработка результатов исследований с использованием программы Statistika 10.

Результаты. Корневая система опытных растений была более мощная с хорошо развитой зоной всасывания. У корневой системы овса Σ объем составил 5571 см³, Σ масса 959 г/м², что на 146% больше, Σ насыщенность почвы 9,2%, что больше на 4,8%, чем у контрольных растений. Максимальные значения по массе корней выявлены в слое 0-15 см, объему и насыщенности почвы корнями – 0-25 см, что согласуется с контрольными растениями. У озимой ржи корневая система развивалась чуть лучше: Σ объем корней - 5740 см³, Σ масса 1084 г/м², что на 21,5% больше, Σ насыщенность почвы 10,4%, что больше на 1,2%, чем у контрольных растений. Максимальные значения по массе корней, объему и насыщенности почвы установлены в слое 20-25 см, что согласуется с контрольными растениями.

Заключение. Изменения подтверждены увеличением объема, массы и насыщенности почвы корнями под овсом на 222 см³/м², 122 г/ м², 1,4% соответственно и у озимой ржи по сравнению с контрольными растениями соответственно - на 391 см³/м², 192 г/м², 1,2%.

Ключевые слова: корневая система, корни, органическое удобрение, овес, озимая рожь.

Original article

FORMATION OF UNDERGROUND ORGANS OF CEREALS WHEN APPLYING AN ORGANIC FERTILIZER BASED ON ANIMAL WASTE

Zakharova Olga Alekseevna, Sadovaya Irina Igorevna

Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

ol-zahar-ru@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. *The efficiency of an organic fertilizer based on animal waste was studied by the reaction of the underground organs of cereals. When the nutritional regime of the soil changes, plants respond to this with their growth, including their underground organs. The purpose of this research was to study the formation of underground organs of cereals in crop rotations when applying the organic fertilizer based on animal waste.*

Methodology. *The study of the formation of underground organs of agricultural plants was carried out according to the method of Rozhkov et al. in a natural setting when digging a pit and visually observing the distribution, as well as in the laboratory of botany of Ryazan State Agrotechnological University when carrying out measurements, calculations and microscopy. The research results were processed using Statistika 10 program.*

Results. *The root system of experimental plants was more powerful with a well-developed absorption zone. In the oat root system, \sum volume was 5 571 cm³, \sum weight was 959 g/m², which was 146% more, \sum soil saturation was 9.2%, which was 4.8% more than in control plants. The maximum values for the mass of roots were found in the layer of 0-15 cm, the volume and saturation of the soil with roots was 0-25 cm, which was consistent with the control plants. In winter rye, the root system developed a little better: \sum root volume was 5 740 cm³, \sum weight was 1 084 g/m², which was 21.5% more, \sum soil saturation was 10.4%, which was 1.2% more than in the control plants. The maximum values for root mass, volume and soil saturation were established in a layer of 20-25 cm, which was consistent with control plants.*

Conclusion. *The changes were confirmed by an increase in the volume, weight and saturation of the soil with oats roots by 222 cm³/m², 122 g/m², 1.4%, respectively, and by 391 cm³/m², 192 g/m², 1.2% with winter rye compared to control plants.*

Keywords: *root system, roots, organic fertilizer, oats, winter rye.*

Введение

Цель сельскохозяйственного использования почвы – получение максимального урожайности культур при сохранении и повышении плодородия [1]. Сохранение плодородия почвы можно добиться, используя научно обоснованные технологии при производстве продукции. К примеру, рекомендуется обогатить почву органическими удобрениями или средствами на их основе. Авторами создано органическое удобрение на основе перепревшего конского навоза (патенты на изобретение № 2784389 (2022), №2787398 (2023) и бронзовая медаль на Всероссийском конкурсе Архимед), балансовым методом рассчитаны его дозы, на компьютерной программе обосновано внесение его однократно в три года. Эффективность действия органического удобрения на основе отходов животноводства изучалось по развитию подземных органов злаков. При изменении пищевого режима почвы растения реагируют на это своим ростом, в том числе подземным органом [2, 3, 4, 5]. К.А. Тимирязев, изучив развитие корневых систем разных видов растений, отмечал: «Корень нас интересует, главным образом, как орган поглощения, и с этой точки зрения крайне любопытно составить себе понятие, какое протяжение и какую поглощающую поверхность представляет этот орган» [7]. Целью настоящих исследований явилось изучение формирования подземных органов растений овса сорта Буланный и озимой ржи сорта Веснянка в севооборотах.

Материалы и методы исследований

В зоне черноземов выщелоченных Захаровского района Рязанской области проведен натурный опыт в ООО «ЛАГ Сервис-Агро». Овес и озимая рожь возделывались в двух звеньях севооборотов с предшественниками кукуруза и вико-овсяная смесь соответственно. Агротехника традиционная.

В данной статье приведены результаты опыта в сравнении на контроле (внесение минеральных удобрений, что было общим фоном) и оптимальных вариантах внесения органического удобрения 10 т/га под овес и 15 т/га под озимую рожь. Фоном служили вносимые минеральные удобрения под овес $N_{35}P_{45}K_{24}$ и озимую рожь $N_{120}P_{100}K_{50}$. Агротехника общепринятая для региона. Изучение корневой системы растений проводилось по методике Рожкова с соавт. при определении объема и массы корней, насыщенности почвы корнями по слоям почвы от 0 до 30 см, корневые волоски – микроскопированием [8, 9]. Обработка результатов исследований с использованием программы Statistika 10.

Результаты исследований и их обсуждение

Визуально морфология корневых систем овса и озимой ржи мочковатая [6]. По шкале Б.Г. Розанова (1983) корневые волоски до 5...7 мм длиной относятся к тонким корням. Зона всасывания и визуально, и под микроскопом четкая, развитая (рисунок 1). Корневая система растений образует огромную поглощающую поверхность, причем у озимой ржи она развита сильнее, чем у овса. Корни соприкасаются с подземными органами соседних растений. Преобладающая часть корней размещена в пахотном слое почвы. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика корней овса и озимой ржи в опыте

Слой почвы	Овес			Озимая рожь		
	Объем корней	Масса корней	Насыщенность почвы корнями	Объем корней	Масса корней	Насыщенность почвы корнями, %
1	2	3	4	5	6	7
контроль						
см	см ³ /м ²	г/м ²	%	см ³ /м ²	г/м ²	%
0-5	799	160	1,4	825	177	1,7
5-10	501	133	0,7	511	143	1,1
10-15	701	108	1,3	750	114	1,5
15-20	1025	171	1,5	1048	181	1,8
20-25	1063	169	1,9	1099	177	2,1
25-30	1102	96	1,0	1116	100	1,0
∑0-15	2001	401	3,4	2086	434	4,3
∑15-30	3180	436	4,4	3263	458	4,9
Опытные варианты						
0-5	848	186	1,6	878	199	1,9
5-10	566	146	0,9	565	183	1,3
10-15	745	140	1,6	804	168	1,7
15-20	1133	197	1,7	1149	200	1,9
20-25	1156	189	2,1	1179	225	2,3
25-30	1123	101	1,3	1165	133	1,3
∑0-15	2159	472	4,1	2247	550	4,9
∑15-30	3412	487	5,1	3493	558	5,5

Анализируя данные таблицы 1 на контрольном варианте корневая система растений овса имела наибольшую массу в слое почвы 15-20 см, в сумме масса корней составила 837 г/м². Объем всех корней на м² составил 5181 см³ и наибольшая величина отмечена в слое 20-25 см хотя визуально корни в этом слое были более длинные, но тонкие, чем в слое почвы 15-20 см. Насыщенность почвы корнями в слое 20-25 см была равна 1,9%. ∑ насыщенности почвы корнями равна 7,8%.

На контрольном варианте корневая система растений озимой ржи имела наибольшую массу в слое почвы 20-25 см, в сумме масса корней составила 1084 г/м². Объем всех корней в этом слое на м² был наибольший и составил 5349 см³. Насыщенность почвы корнями в слое 20-25 см была равна 2,1%. ∑ насыщенности почвы корнями равна 10,1%. Визуально корневая система этой культуры более мощная по сравнению с корневой системой овса.

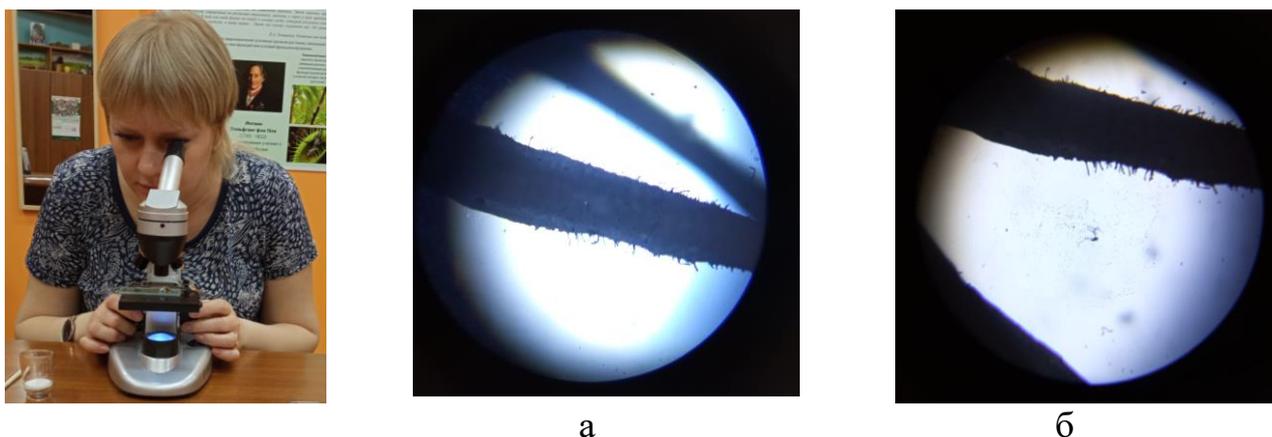


Рисунок 1 – Микроскопирование корня. Общий вид зоны всасывания
 а) овес, б) озимая рожь
 Figure 1 – Root microscopy. General view of the suction zone
 а) oats, б) winter rye

Расчеты показателей развития корневых систем у контрольных растений выявили более развитую совокупность корней у озимой ржи, что объясняется ее биологическими особенностями и ранней вегетацией после перезимовки. Так, на контроле Σ объема корней у озимой ржи была больше на 3,2%, Σ масса – 30% и Σ насыщенности почвы корнями – на 1,4% по сравнению с этими показателями у овса.

При обогащении чернозема органическим удобрением зафиксирован Σ объем корней у овса 5571 см³, Σ масса 959 г/м², что на 146% больше, Σ насыщенность почвы 9,2%, что больше на 1,4%, чем у контрольных растений (рисунок 2). Максимальные значения по массе корней выявлены в слое 0-15 см, объему и насыщенности почвы корнями – 0-25 см, что согласуется с контрольными растениями.

При внесении органического удобрения зафиксирован Σ объем корней у озимой ржи 5740 см³, Σ масса 1108 г/м², что на 24% больше, Σ насыщенность почвы 10,4%, что больше на 1,2%, чем у контрольных растений (рисунок 3). Максимальные значения по массе корней, объему и насыщенности почвы установлены в слое 20-25 см, что согласуется с контрольными растениями.

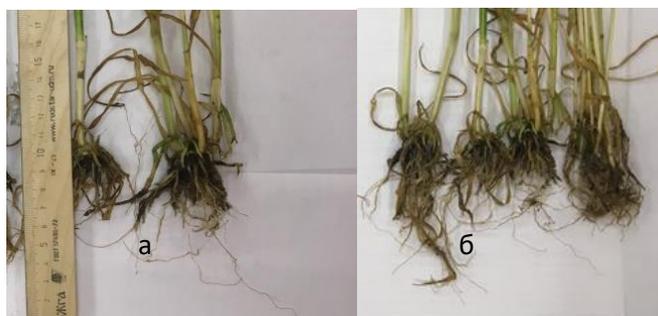


Рисунок 2 - Общий вид подземных органов растений овса без внесения (а) и после внесения (б) органического удобрения на основе отходов животноводства
 Figure 2 - General view of the underground organs of oat plants without applying (a) and after applying (b) the organic fertilizer based on animal waste



Рисунок 3 – Общий вид подземных органов растений озимой ржи без внесения (а) и после внесения (б) органического удобрения на основе отходов животноводства
 Figure 3 – General view of the underground organs of winter rye plants without applying (a) and after applying (b) the organic fertilizer based on animal waste

При сравнении результатов опыта, у растений озимой ржи Σ массы корней превосходила на 15,5%, Σ объему – на 3% и Σ насыщенности почвы – на 1,2%. Тогда убывающий ряд представлен как:

масса корней > объем корней > насыщенность почвы корнями.

Тимирязев К.А. отмечал, что «корни по массе имеют форму опрокинутого конуса, основание которого находится в пахотном слое, а вершина – в глубоких слоях материнской породы». На рисунке 4 приведена диаграмма массы корней растений по слоям почвы.

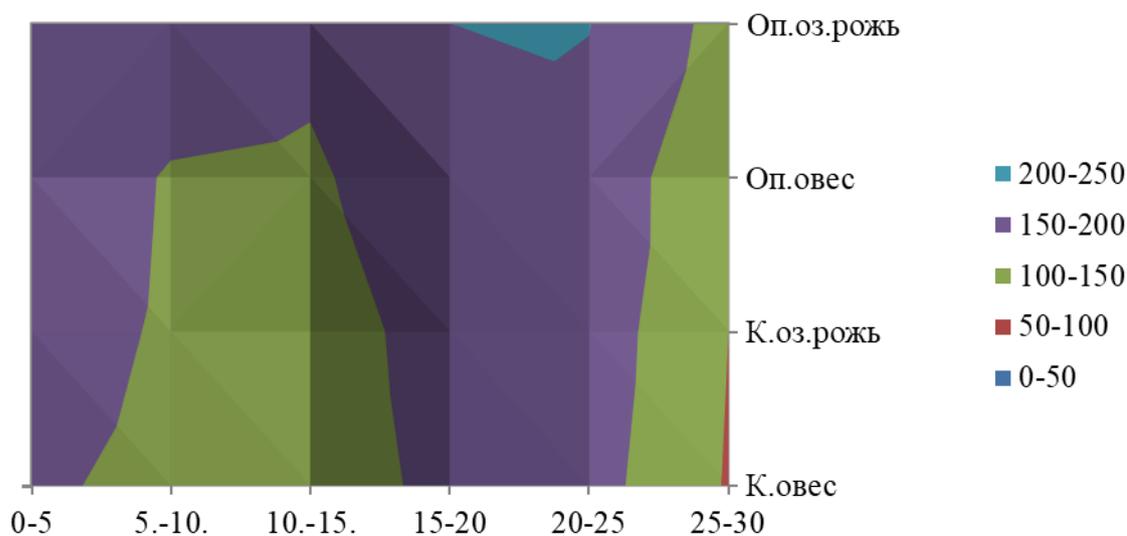


Рисунок 4 – Диаграмма массы корней растений по слоям почвы
 К.овес, К.оз.рожь – контрольные растения
 Оп.овес, Оп.оз.рожь – опытные растения
 Figure 4 – Diagram of the mass of plant roots by soil layers
 К.oats, K.winter rye - control plants
 Op.oats, Op.winter rye – experimental plants

Отдельные корни у растений на контроле распространялись до 100 см, у опытных растений – до 120-140 см.

Статистическая обработка результатов взвешивания всех корней контрольных и опытных растений овса и озимой ржи показала прямую зависимость массы корней от вносимого органического удобрений при $r=0,80$ и $r=0,83$ и их объема $r=0,78$ и $r=0,74$ соответственно, которая выражена графиком (рисунок 5).

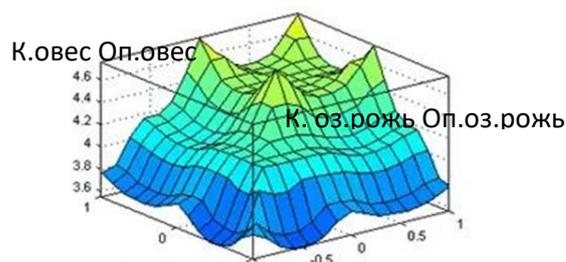


Рисунок 5 – Поверхность отклика между массой корней, их объемом и дозой вносимого органического удобрения на основе отходов животноводства
Figure 5 – Response surface between the mass of roots, their volume and the dose of the applied organic fertilizer based on animal waste

Заключение

На основании результатов проведенного опыта можно отметить благоприятное влияние вносимого органического удобрения на формирование подземного органа злаков, что подтверждено увеличением объема, массы и насыщенности почвы корнями по сравнению с контрольными растениями под овсом на $222 \text{ см}^3/\text{м}^2$, $122 \text{ г}/\text{м}^2$, $1,4\%$ соответственно, аналогично и у растений озимой ржи - на $391 \text{ см}^3/\text{м}^2$, $216 \text{ г}/\text{м}^2$, $1,2\%$ соответственно.

Библиографический список

1. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. Под ред. Б. А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. — 584 с. URL: <https://djvu.online/file/e4jjDmOQCM7An>
2. Глухих, М.А. Агрометеорология / М.А. Глухих. – СПб.: Лань, 2022.– 200 с. URL: <https://www.litres.ru/book/min-afonasevich-gluhih/agrometeorologiya-66000970/>
3. Захарова, О. А. Удивительные растения / О. А. Захарова, А. В. Добродей. – Рязань: РГАТУ, 2007. – 65 с. URL: <https://yandex.ru/search/?text=3.%09Захарова%2C+O.+A.+Удивительные+растения+%2F+O.+A.+Захарова%2C+A.+В.+Добродей.+Рязань%3A+РГАТУ%2C+2007&lr=11&clid=2897159-30&win=622>
4. Захарова, О.А. Словарь ботанических терминов и определений / О.А. Захарова. - Рязань: Политех, 2011. - 305 с. URL: <https://rucont.ru/efd/49353>
5. Зинченко, С.И. Особенности развития корневой системы зерновых культур / С.И. Зинченко // Земледелие, 2015. - №6. – С.32-35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-kornevoy-sistemy-zernovyh-kultur>
6. Колягин, Ю.С. Корневая система галеги восточной в зависимости от различных условий питания растений / Ю.С. Колягин, Ю.Корольков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2011.- №1. – С. 21-22. URL: <https://rucont.ru/efd/383506>
7. Тимирязев, К.А. Избранные сочинения в 4-х т./ К.А.Тимирязев – И., 1948. – Т.2. – С. 26. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005590136>

8. Хачатуров, Э.Г. Особенности роста зародышевой корневой системы *Triticum durum* Desf. Сортов Саратовской коллекции / Э.Г. Хачатуров, В.В. Коробко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сери «Химия. Биология. Экология», 2020. – №3. – С.23-28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-zarodyshevoy-kornevoy-sistemy-triticum-durum-desf-sortov-saratovskoy-seleksiis>
9. Хромова, Т.М. Ботаника с основами физиологии растений/ Т.М. Хромова. – СПб.: Лань, 2024. – 380 с. URL: <https://www.litres.ru/book/t-m-hromova/botanika-s-osnovami-fiziologii-rasteniy-67485042/>

References

1. Agrokimiya / B. A. Yagodin, Yu. P. Zhukov, V. I. Kobzarenko. Pod red. B. A. Yagodina. – M.: Kolos, 2002. – 584 s. URL: <https://djvu.online/file/e4jjDmOQCM7An>
2. Glukhikh, M.A. Agrometeorologiya / M.A. Glukhikh. – SPb.:Lan', 2022. – 200 s. URL: <https://www.litres.ru/book/min-afonasevich-gluhih/agrometeorologiya-66000970/>
3. Zakharova, O.A. Udivitel'nyye rasteniya / O.A. Zakharova, A.V. Dobrodey. – Ryazan': RGATU, 2007. – 65 s. URL: <https://yandex.ru/search/?text=3.%09Zakharova%2C+O.+A.+Udivitel'nyye+rasteniya+%2F+O.+A.+Zakharova%2C+A.+V.+Dobrodey.+--+Ryazan'%3A+RGATU%2C+2007&lr=11&clid=2897159-30&win=622>
4. Zakharova, O.A. Slovar' botanicheskikh terminov i opredeleniy / O.A. Zakharova. - Ryazan' : Politekh, 2011. – 305 s. URL: <https://rucont.ru/efd/49353>
5. Zinchenko, S.I. Osobennosti razvitiya kornevoy sistemy zernovykh kul'tur / S.I. Zinchenko // Zemledeliye, 2015. – № 6. – S. 32-35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-kornevoy-sistemy-zernovykh-kultur>
6. Kolyagin, Yu.S. Kornevaya sistema galegi vostochnoy v zavisimosti ot razlichnykh usloviy pitaniya rasteniy / Yu.S. Kolyagin, Yu. Korol'kov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2011. – № 1. – S. 21-22. URL: <https://rucont.ru/efd/383506>
7. Timiryazev, K.A. Izbrannyye sochineniya v 4-kh t./ K.A.Timiryazev – I., 1948. – T. 2. – S. 26. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005590136>
8. Khachaturov, E.G. Osobennosti rosta zarodyshevoy kornevoy sistemy *Triticum durum* Desf. Sortov Saratovskoy kolleksii / E.G. Khachaturov, V.V. Korobko // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Serii «Khimiya. Biologiya. Ekologiya», 2020. – № 3. – S. 23-28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-zarodyshevoy-kornevoy-sistemy-triticum-durum-desf-sortov-saratovskoy-seleksiis>
9. Khromova, T.M. Botanika s osnovami fiziologii rasteniy / T.M. Khromova. – SPb.: Lan', 2024. – 380 s. URL: <https://www.litres.ru/book/t-m-hromova/botanika-s-osnovami-fiziologii-rasteniy-67485042/>