

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД НА УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Излагаются результаты численного эксперимента по оценке изменения уровня урожайности озимой пшеницы в результате влияния загрязнения свинцом и различном качестве оросительной воды.

Ключевые слова: озимая пшеница, модель, урожайность, зерно, загрязнение, свинец, почва.

Введение. Данные о распространении свинца в земной коре свидетельствуют о накоплении его в кислых средах магматических пород и в глинистых осадках, в которых обычные концентрации свинца колеблются в пределах 10-40 мг/кг. В то же время в ультраосновных породах и известковистых осадках его содержится 0,1-10 мг/кг. Свинец образует также ряд других минералов, которые относительно плохо растворимы в природных водах [1].

Естественное содержание свинца в почвах наследуется от материнской породы. Однако из-за широкомасштабного загрязнения среды свинцом большинство почв обогащено этим элементом, особенно их верхние горизонты. Наибольшие концентрации свинца обнаруживаются в обогащенном органическом верхнем слое необрабатываемых почв [1,2].

Главная доля свинцовых загрязнений, поступающих от предприятий цветной металлургии представлена минеральными формами, тогда как в выхлопных газах автомобилей присутствует в виде палогенидных солей. Поскольку свинец поступает в почву в виде разнообразных и сложных соединений, его реакции могут сильно изменяться от места к месту. При этом следует подчеркнуть, что загрязнение почв свинцом носит в основном необратимый характер и поэтому процесс накопления свинца в поверхностном слое почв будет продолжаться даже в условиях небольшого его привноса. Накопление свинца в поверхностном слое почв имеет также огромное экологическое значение, потому, что этот элемент сильно воздействует на биологическую активность почв [2].

Цель этой работы – изучение оценки изменения уровня урожайности озимой пшеницы при загрязнении свинцом и при различном качестве оросительных вод с учетом особенностей территории Херсонской области.

К **задачам** данной работы следует отнести проведение численного эксперимента по оценке изменения уровня урожайности озимой пшеницы при загрязнении свинцом и при различном качестве оросительных вод в Херсонской области.

Материалы и методы исследования. Большинство сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории Украины, испытывают недостаток во влаге. Поэтому достаточно целесообразно выращивать их в условиях орошения. В особенности это относится к южным областям Украины, где находятся основные посевные площади зерновых культур.

Кроме того, почвы юга Украины недостаточно богаты гумусом, поэтому большинство сельскохозяйственных культур выращивается с применением различных видов минеральных и органических удобрений. Эффективность этого применения увеличивается под действием орошения. Вместе с элементами минерального питания в почву поступает определенное количество тяжелых металлов, которые загрязняют продукцию сельскохозяйственного производства.

Влияние обеспеченности минерального питания на продукционный процесс растений определяется нами при помощи принципа Либиха с учетом функций обеспеченности азотом K_N , фосфором K_P и калием K_K [1]

$$K_{NPK} = \min\{K_N, K_P, K_K\}, \quad (1)$$

где K_{NPK} – коэффициент обеспеченности растений элементами минерального питания.

Значение функций наиболее возможного азотного, фосфорного и калийного питания определялось по формуле [2]

$$K_N = \left(\frac{N}{N_{opt}}\right)^{1,35} \cdot e^{1,1\left(1-\frac{N}{N_{opt}}\right)}, \quad (2)$$

где N – суммарное количество азота, внесенного с удобрениями и задерживающегося в почве, эквивалентная использованному минеральному удобрению, кг/га; N_{opt} – оптимальное количество азота, необходимое для получения максимального урожая, кг/га.

Суммарное количество азота будет рассчитываться по формуле [3]

$$N = m_N N_n + N_m + m_{Noy} N_{oy}, \quad (3)$$

где m_N – коэффициент эквивалентности легкогидролизуемого азота по Корнфилду, почвы, кг/мг 100 г; m_{Noy} – коэффициенты эквивалентности азота органического удобрения кг/кг; N_n – легкогидролизуемый азот в год проведения анализа, мг/100 г почвы; N_{oy} – азот органического удобрения, которое вносилось в год получения урожая, кг/га; N_m – азот минерального удобрения, которое вносилось в год получения урожая, кг/га.

Влияние осолонцевания почвы на формирование урожая учитывается с помощью функции влияния уровня натриево-кальциевого потенциала почвы на прирост растительной массы [4]

$$K_{Na-Ca}^j = 1 - \left(0,31P_{Na-Ca}^{noch(j)} - 0,4\right)\mu^j TSL^j n^j, \quad (4)$$

где K_{Na-Ca}^j – функция влияния натриево-кальциевого потенциала почвы на прирост сухой биомассы целого растения, безразмерная; $P_{Na-Ca}^{noch(j)}$ – натриево-кальциевый потенциал почвы, безразмерный; μ – потенциальная интенсивность роста растений, безразмерная; TSL – средняя за декаду эффективная температура, $^{\circ}C$; n – количество дней в расчетной декаде.

Снижение продуктивности растений под влиянием засоления почвы рассчитывается при помощи, функции влияния меры засоления почвы на прирост биомассы растения [5]

$$K_S^j = 1 - q_S \left(S_{почв}^j - S_{почв}^{kp}\right)\mu^j TSL^j n^j, \quad (5)$$

где K_S^j – функция влияния удержания солей в почве на прирост биомассы растений, безразмерная; q_S – снижение прироста биомассы на единичный прирост засоления, безразмерный; $S_{почв}^j$ – содержание солей в водной вытяжке почвы, гл $^{-1}$; $S_{почв}^{kp}$ – критический уровень засоления, гл $^{-1}$.

Накопление тяжелых металлов растениями рассматривается обычно в зависимости от содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве [6]

$$\frac{\Delta A_q^{ногл(o)}}{\Delta t} = \frac{86,4 \alpha_q^{ногл} \bar{A}_q^{почв} m_r^j}{a_r}, \quad (6)$$

где $\frac{\Delta A_q^{ногл}}{\Delta t}$ - скорость поглощения подвижных форм q -го вида тяжелых металлов корнями растений, $\text{мгм}^{-2}\text{сут}^{-1}$; $\alpha_q^{ногл}$ - поглотительная способность корня; $\bar{A}_q^{почв}$ - концентрация подвижных форм q -го тяжелых металлов в почве, $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$; a_r - радиус корня, см; q - вид тяжелых металлов.

В связи с возможным повышением уровня антропогенного загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами учитывается их фитотоксическое влияние с помощью коэффициента фитотоксичности $K_{\text{ВМ}}$, определенного по принципу Либиха [7,8]

$$K_{m.M}^j = \min \{K_q^j\}, q \in Cd, Cu, Hg, Pb, Sr, Zn, \quad (7)$$

каждый из которых находится из выражения [9,10]

$$K_q^{kpj} = 1 - \left(\frac{\mu A_q}{A_q^{kp2} - A_q^{kp1}} \right) \cdot A_q^{poc(j)}, \quad (8)$$

где μA_q - снижение продуктивности растений в интервале критических величин концентраций тяжелых металлов в растении A_q^{kp1} и A_q^{kp2} ($\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$).

Результаты исследования и их анализ. В табл. 1 представлена оценка изменения уровня урожайности озимой пшеницы при минимальном загрязнении свинцом и различным качестве оросительной воды.

Так как территория Херсонской области находится в зоне недостаточного увлажнения, под озимую пшеницу здесь широко применяется режим искусственного увлажнения почвы, а именно – орошение. Для полива использовалась вода Дунайско-Днестровской оросительной системы. Качество этой воды значительно отличается по минерализации и натриево-кальциевому потенциалу.

Рассматривались три типа оросительных вод: первый – воды реки Дунай, минерализация – 0,4 г/л., натриево-кальциевый потенциал воды P_{Na-Ca}^{OB} равен 1,5; второй – вода оз. Сасык, минерализация – 1,0 г/л., натриево-кальциевый потенциал воды P_{Na-Ca}^{OB} составляет 0,6; третий – вода оз. Сасык, минерализация – 1,5 г/л., натриево-кальциевый потенциал воды P_{Na-Ca}^{OB} составляет 0,4.

Указанные оросительные нормы относятся непосредственно к нормам, применяемым в Херсонской области, от минимально до максимально возможных. Указанные в табл. 1 оросительные нормы относятся к весенне-летнему периоду вегетации.

Как видно из данных табл. 1, наиболее высокие уровни урожайности наблюдаются при поливе водой первого типа (р. Дунай), минерализация 0,4 г/л, урожайность изменяется от 39 до 65 ц/га. При поливе водой второго типа (оз. Сасык), минерализация 1,0 г/л, урожайность изменяется от 35 до 58 ц/га. При поливе водой третьего типа (оз. Сасык), минерализация 1,5 г/л, урожайность изменяется от 33 до 55 ц/га.

Различия в уровнях урожайности наибольшие при поливе водой первого и третьего типов. Различия в уровнях урожайности при поливе водой первого и третьего

типов составляют от 6 до 10 ц/га. Различия в уровнях урожайности при поливе водой второго и третьего типов составляют от 2 до 3 ц/га.

Таблица 1 – Оценка изменения уровня урожайности озимой пшеницы при минимальном загрязнении свинцом и при различном качестве оросительных вод

Культура	Уровень загрязнения почвы	Оросительная норма м ³ /га	Урожайность		
			Минерализация 0,4 г/л, $P_{Na-Ca}^{OB}=1,5$	Минерализация 1,0 г/л, $P_{Na-Ca}^{OB}=0,6$	Минерализация 1,5 г/л, $P_{Na-Ca}^{OB}=0,4$
Озимая пшеница	1	500	39	35	33
		1000	49	43	41
		1500	62	55	52
		2000	65	58	55

Исходя из данных табл. 1, отмечается, что качество оросительной воды может снизить урожай зерна озимой пшеницы, при норме орошения 500 м³/га урожай озимой пшеницы составляет 33 ц/га, а при максимальной норме орошения 2000 м³/га урожай озимой пшеницы составляет 55 ц/га.

Уровень урожайности изменяется не только при изменении качества воды, но и при изменении норм орошения. При увеличении нормы орошения урожай зерна озимой пшеницы увеличивается. Урожай зерна озимой пшеницы при поливе водой первого типа и при норме орошения 500 м³/га составляет 39 ц/га, а при поливе водой третьего типа и при этой же норме орошения составляет 33 ц/га, что на 6 ц/га меньше. Урожай зерна озимой пшеницы при поливе водой первого типа и при норме орошения 2000 м³/га составляет 65 ц/га, а при поливе водой третьего типа и при этой же норме орошения составляет 55 ц/га, что на 10 ц/га меньше.

На основании представленных данных в табл. 1, можно сделать вывод, что наиболее высокий урожай зерна озимой пшеницы будет при поливе водой первого типа (р. Дунай) и при норме орошения 2000 м³/га.

На рис. 1 представлена динамика массы целого растения озимой пшеницы при различных нормах орошения.

Из рисунка видно, что при норме орошения 500 м³/га, масса растения начинает увеличиваться с 4 декады вегетации и в 7 декаду вегетации составляет 200 г/м². Затем масса растения увеличивается и достигает максимума в 10 декаду вегетации и составляет 850 г/м². При норме орошения 1000 м³/га, масса растения начинает увеличиваться с 4 декады вегетации и достигает максимума в 10 декаду вегетации и составляет 1050 г/м². При норме орошения 1500 м³/га, масса растения начинает увеличиваться с 4 декады вегетации и достигает максимума в 10 декаду вегетации и составляет 1199 г/м². Максимальная масса растения и хороший рост растительной массы наблюдается при норме орошения 2000 м³/га, так масса растения начинает увеличиваться с 4 декады вегетации, в 8 декаду масса растения составляет 550 г/м², а максимум наблюдается в 10 декаду вегетации и составляет 1250 г/м². При норме орошения 2000 м³/га, в 10 декаду вегетации масса растения будет больше на 400 г/м², по сравнению с массой растения при норме орошения 500 м³/га.

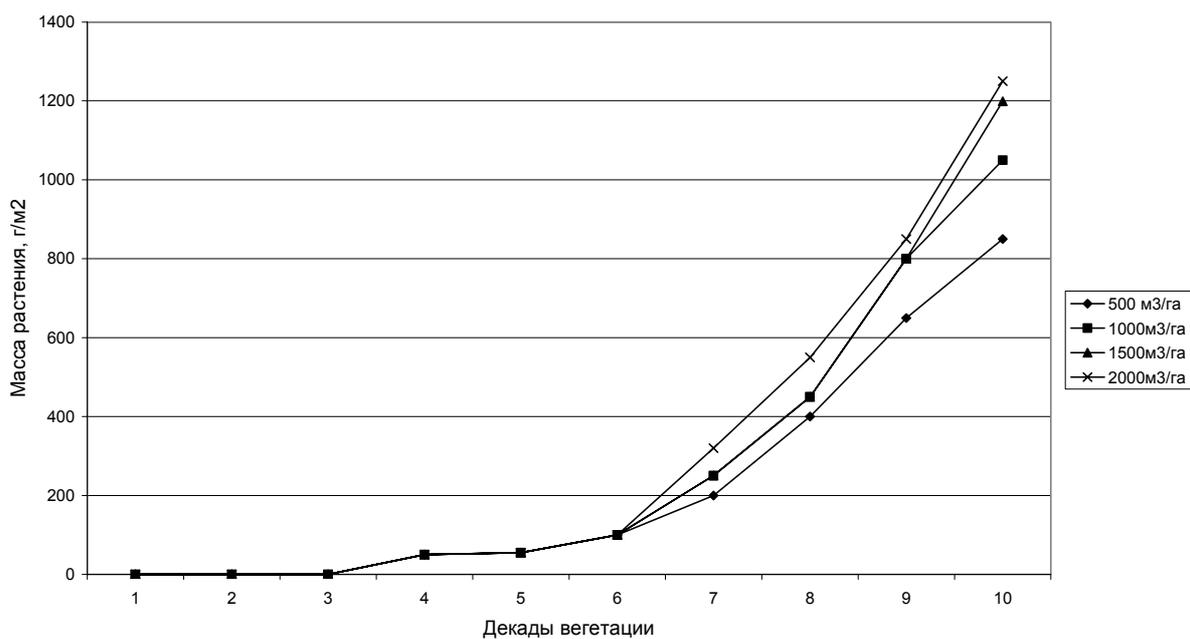


Рис. 1 - Динамика массы целого растения озимой пшеницы при различных нормах орошения.

Из рис. 1, можно сделать следующий вывод, что наиболее благоприятной для растения озимой пшеницы, является норма орошения 2000 м³/га, при этой норме орошения наблюдается наибольшая масса растения озимой пшеницы.

На рис. 2, представлена динамика массы колоса озимой пшеницы при различных нормах орошения. Рассмотрим, как влияют разные нормы орошения на массу колоса озимой пшеницы.

Из рисунка видно, что при норме орошения 500 м³/га, масса колоса начинает увеличиваться с 6 декады вегетации и в 7 декаду вегетации масса колоса составляет 100 г/м², затем масса колоса увеличивается и достигает максимума в 10 декаду вегетации и составляет 550 г/м².

При норме орошения 1000 м³/га, масса колоса начинает увеличиваться с 6 декады вегетации и достигает максимума в 10 декаду вегетации и будет равна 680 г/м². При норме орошения 1500 м³/га, масса колоса начинает увеличиваться с 6 декады вегетации и достигает максимума в 10 декаду вегетации, составляет 850 г/м². Максимальная норма орошения 2000 м³/га, здесь масса колоса начинает увеличиваться с 6 декады вегетации и максимум наблюдается в 10 декаду вегетации, составляет 890 г/м².

При норме орошения 2000 м³/га, в 10 декаду вегетации, масса колоса будет больше на 340 г/м², по сравнению с массой колоса в 10 декаду вегетации при оросительной норме 500 м³/га.

Из рис. 2, можно сделать вывод, что наиболее благоприятной для растения, а именно для увеличения массы колоса является норма орошения 2000 м³/га, при этой норме орошения масса колоса будет максимальной.

Выводы. В численных экспериментах с моделью выполнена оценка, изменения уровня урожайности озимой пшеницы при загрязнении свинцом и при различном качестве оросительных вод в Херсонской области. Таким образом, наиболее благоприятной для озимой пшеницы, а именно для увеличения массы колоса и для увеличения массы растения в целом, является норма орошения 2000 м³/га и наименьшее загрязнение свинцом – 1. В дальнейшем полученные данные могут быть использованы при прогнозировании урожайности озимой пшеницы.

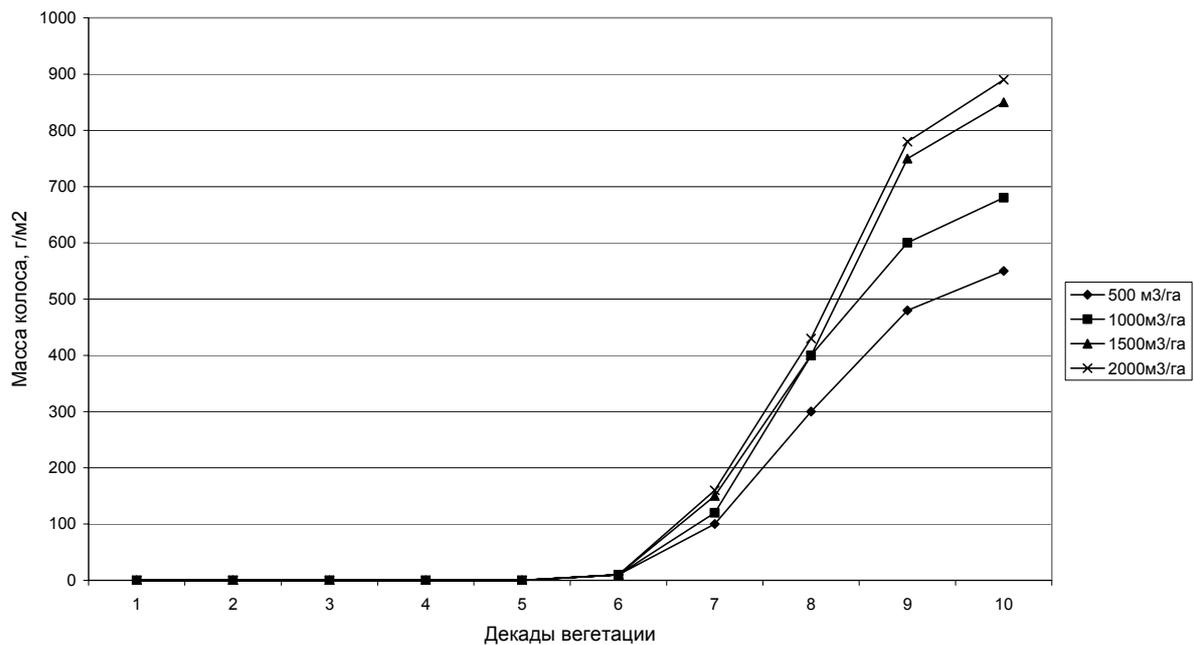


Рис. 2 - Динамика массы колоса озимой пшеницы при различных нормах орошения.

Список литературы

1. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Распределения свинца и кадмия в растениях пшеницы, произрастающей на загрязненных этими металлами почвах - // *Агрохимия*, № 5, 1980. – 114 с.
2. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. Микроэлементы в почвах и растениях. –М.: Мир, 1989. –439 с.
3. Ковальский В.В., Летунова С.В. Геохимическая экология микроорганизмов. В кн.: *труды биогеохим. Лаборатории АН СССР*, т.13, -М.: Наука, 1974. -3 с.
4. Махонько К.П., Работнова Ф.А. Внекорневое загрязнение растительности тяжелыми естественными радионуклидами на различных типах почв СССР– // *Агрохимия*, 1983, № 3. С. 108-114.
5. Орлова Э.Д. Влияние микроудобрений на поступление микроэлементов в листья, зерно и солому яровой пшеницы. – В кн.: *Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири*. – Новосибирск: Наука, 1971. – 98 с.
6. Пейве Л.В. О биохимической роли микроэлементов в фиксации молекулярного азота. В кн.: *Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине*. – М.: Наука, 1974. – 3 с.
7. Полевой А.Н. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения агроэкосистем. – *Метеорология и гидрология*, 1983, п.12, с. 97-105.
8. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. -319 с.
9. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений. – *ДАН АН СССР*, 1966, 171, № 2. с. 481-483.
10. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистемы. –Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 167 с.

Вплив антропогенного забруднення ґрунтів та якості зрошувальних вод на врожай озимі пшениці. Свидерська С.М.

Висловлюються результати чисельного експерименту за оцінкою зміни рівня врожайності озимі пшениці в результаті впливу забруднення свинцем і різній якості зрошувальної води.

Ключові слова: озима пшениця, модель, врожайність, зерно, забруднення, свинець, ґрунт.

Influence antropogenic of contamination of soils and quality of irrigating waters on the harvest of winter wheat. Sviderskaya S.M.

The results of numerical experiment on appraisal of crop capacity level changing of winter wheat under the influence of lead pollution and different quality of irrigating water are given.

Key words: winter wheat, model, productivity, grain, contamination, lead, soil.