

подзолистая супесчаная почва, где содержание цинка извлеченное двумя методами, было на одном уровне. При определении цинка оба метода основаны на извлечении соединений цинка из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 и последующем определении атомно-абсорбционным методом. Конечно, для корректных статистических оценок и окончательных выводов необходимо больше данных.

**Заключение.** Принципиальный недостаток подходов при оценке содержания в дерново-подзолистой почве доступных форм марганца, меди и цинка состоит в использовании разных способов извлечения их подвижных форм, которые дают разницу содержаний в несколько раз и как следствие приводят к некорректной интерпретации почвенного плодородия.

#### Литература

1. Нестерова, О. В. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами / О. В. Нестерова, В. Г. Трегубова, В. А. Семаль // Почвоведение. – 2014. – № 11. – С. 1375.
2. ГОСТ Р 50684-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. Издание официальное. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 1994.- 10 с.
3. ГОСТ Р 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. Издание официальное. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 1994.- 13 с.

4. ГОСТ Р 50682-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. Издание официальное. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 1994.- 11 с.
5. РД 52.18.289-90 Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М.: Государственный комитетом СССР по гидрометеорологии, 1990. -36 с.
6. ФР 1.31.2012.13575 Методика измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом. – М.: ОАО «Союзцветметавтоматика», 2012. -38 с.
7. М-МВИ-80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. – Санкт-Петербург, 2008. -36 с.
8. РД 52.18.191-2018 Массовая доля кислоторастворимых форм металлов в пробах почв, грунтов и донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Обнинск: НПО Тайфун, 2019. – 27 с.
9. Ступакова Г.А., Лапушкина А.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К., Ветрова Е.Ю. Оценка тесноты связи валовых содержаний элементов в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы // Плодородие. -2023. -№4. -С.41-45.
10. Ступакова Г.А., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К., Холяева О.В. Разработка и исследование стандартных образцов предприятия состава почв, трансформированных техногенным воздействием // Эталоны. Стандартные образцы. – 2022. – Т.18. – № 2. – С. 23-38.
11. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Деньгина С.А., Митрофанов Д.К. Оценка метрологических характеристик многокомпонентного стандартного образца почвы, загрязненного тяжелыми металлами // Плодородие. – №3.- 2019.- С. 54-56.

#### COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE CONTENT OF MOBILE FORMS COPPER, ZINC AND MANGANESE IN SOD-PODZOLIC SOIL DEPENDING ON THE METHOD OF DETERMINATION

G.A. Stupakova, Candidate of Biological Sciences, A.A. Lapushkina, Candidate of Biological Sciences, E.E. Ignatieva, T.I. Shchiplestova, D.K. Mitrofanov, E.Y. Vetrova,  
All-Russian Scientific Research Institute named after D.N. Pryanishnikov (FGBNU "Research Institute of Agrochemistry")  
127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A

A comparative description of two sets (packages) of methods for determining mobile forms of copper, zinc and manganese in soddy-podzolic soils of different granulometric compositions is given. The studies were carried out on 35 State Standard Samples (GSO) of soil selected in different soil-climatic zones. It is shown that samples analyzed by GOST methods (1 package) have values 17 times higher for copper and 1.9 times higher for manganese, while the values for zinc are close to each other. It was noted that when determining the mobile forms of metals using the first package of methods, the extraction of copper is higher compared to zinc; the second package, on the contrary, zinc predominates in the soil extract rather than copper. Regardless of the granulometric composition, the place of sampling of sod-podzolic soil, GOST methods extract mobile forms of copper by 8.3-20.4 times, manganese by 1.3-3.3, zinc by 1.4-2.4 times. The exception was the soddy-podzolic sandy loam soil, where the zinc content extracted by two methods was at the same level.

Key words: standard samples, mobile forms of metals, granulometric composition, correlation coefficient, closeness of connection, soddy-podzolic soil.

УДК 574; 504

DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.17

## СВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С КЛИМАТОМ, ПОЧВАМИ И РЕЛЬЕФОМ НА УРАЛЕ

Л.С. Шарая<sup>1</sup>, д.б.н., О.В. Рухович<sup>1</sup>, д.б.н., П.А. Шарый<sup>1,2</sup>, д.б.н., О.И. Иванова<sup>1</sup>, Л.В. Никитина<sup>1</sup>, к.б.н.  
<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии,  
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а E-mail l\_sharaya@mail.ru; E-mail o\_ruhovich@mail.ru;  
<sup>2</sup>ФГБУН «Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН»,  
E-mail p\_shary@mail.ru; 142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Проведено статистическое сравнение урожайности яровой мягкой пшеницы с характеристиками климата, почв и рельефа в Зауралье, где такие исследования ранее не проводились. Получено уравнение множественной регрессии, в которое вошли осадки июня, апреля, суточная разность температур июля, индикатор черноземов и дневная температура апреля. Показано, что на Урале разность температур июля более тесно связана с урожайностью пшеницы, чем ночная или дневная температура, но в уравнении регрессии при рассмотрении действия комплекса факторов ведущую роль играют осадки июня и апреля.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, урожайность, почвы, климат, рельеф, Урал.

Для цитирования: Шарая Л.С., Рухович О.В., Шарый П.А., Иванова О.И., Никитина Л.В. Связь урожайности яровой пшеницы с климатом, почвами и рельефом на Урале // Плодородие. – 2023. – №5. – С. 68-71.  
DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.17.

Пшеница – важнейшая зерновая культура, доля которой среди зерновых в Российской Федерации составляет по площади 59%, а по продовольственному зерну – 93% [6]. Хотя применение удобрений и агротехнические меры отчасти смягчают влияние условий климата, почв и рельефа на урожайность пшеницы, оно остается все же достаточно сильным. От этих условий, в частности, могут зависеть дозы вносимых удобрений [7]. Поэтому следует иметь представление об относительной важности (значимости) факторов среды (климата, почв и рельефа).

Если для европейской части России этот вопрос изучался в ряде работ [1, 3, 5], то для Зауралья и Сибири – практически нет. Здесь представлены результаты для яровой пшеницы в регионе Зауралья, объединяющем Курганскую, Челябинскую, Свердловскую и Тюменскую области.

Данные об урожайности мягкой яровой пшеницы взяты из отчетности по 84 районам региона за 2012–2022 г. Для каждого района они усреднены за этот период. Сведения о климате взяты из базы данных WorldClim [8], где температуры и осадки каждого месяца усреднены за 1950–2000 г. и представлены матрицами разрешения 30" (около 1 км). Эти данные включают ночную ( $T_{min}$ ), дневную ( $T_{max}$ ) и среднесуточную ( $T_{mean}=(T_{min}+T_{max})/2$ ) температуры, а также осадки ( $Prec$ ) каждого месяца. Для каждого месяца также рассчитывали суточный перепад температур  $DTR$  (diurnal temperature range), определенный как разность  $DTR = T_{max}-T_{min}$ .

Значения высот земной поверхности взяты из базы данных SRTM30 [9], где они представлены с разрешением 30" (около 1 км). В регионе высота менялась от 50 до 528 м при средней 179 м.

Для каждого административного района находили точку отвечающего ему центроида («центра тяжести»), и для неё считывали из соответствующих матриц значения климатических переменных. С учетом плавности изменения этих переменных в пространстве и малых размеров районов по сравнению с регионом исследования, полагали это вполне допустимым.

Рельеф описывали такими характеристиками: высотой, освещенностью склонов с юго-востока F135, с юга F180 и с юга-запада F125, крутизной склонов, высотами холмов и глубинами депрессий [10].

Уравнения множественной регрессии рассчитывали следующим образом. Перебирали все четверки линейно независимых по критерию работы [4] факторов среды (предикторов) и из них отбирали имеющую наибольший коэффициент детерминации  $R^2$ . Четверки – так как пятый предиктор обычно уже незначим в модели [2]. Расчет проводили в программе «Аналитическая ГИС Эко» [11].

Распределение средних по 84 районам температур и осадков по месяцам показано на рисунке 1.

Обратим внимание на специфическое для региона исследования быстрое возрастание осадков в июле.

Рассмотрим распределение коэффициентов корреляции между урожайностью пшеницы и зависящими от температуры климатическими факторами (рис. 2).

Отметим, что достоверная связь урожайности с температурами месяцев отрицательная, в том числе и в вегетационный период: чем выше температура в пространстве, тем ниже урожайность. Примечательно, что наиболее тесно отрицательно связан с урожайностью яровой пшеницы суточный перепад температур  $DTR$ , который в среднем за год составляет заметную величину 9,61°C.

Интересно, что и со среднемесячными осадками урожайность яровой пшеницы в вегетационный период достоверно связана отрицательно. Исключение составляет июнь, когда происходит наиболее активное развитие культуры (рис.3).

Для описания роли почв введем индикатор  $CH$ , равный 1 в черноземах и 0 – в остальных типах почв. Тогда находим уравнение множественной регрессии в виде

$$Y_p = 0,583 \cdot Prec06 - 0,832 \cdot Prec04 + 0,274 \cdot DTR07 \cdot CH - 1,37 \cdot T_{max}04 + 12,18;$$

$$R^2 = 0,520, \quad P < 10^{-6},$$

где  $Y_p$  – урожайность яровой пшеницы,  $Prec06$  – осадки июня,  $Prec04$  – осадки апреля,  $DTR07 \cdot CH$  – суточный перепад температур июля на черноземах,  $T_{max}04$  – дневная температура апреля.

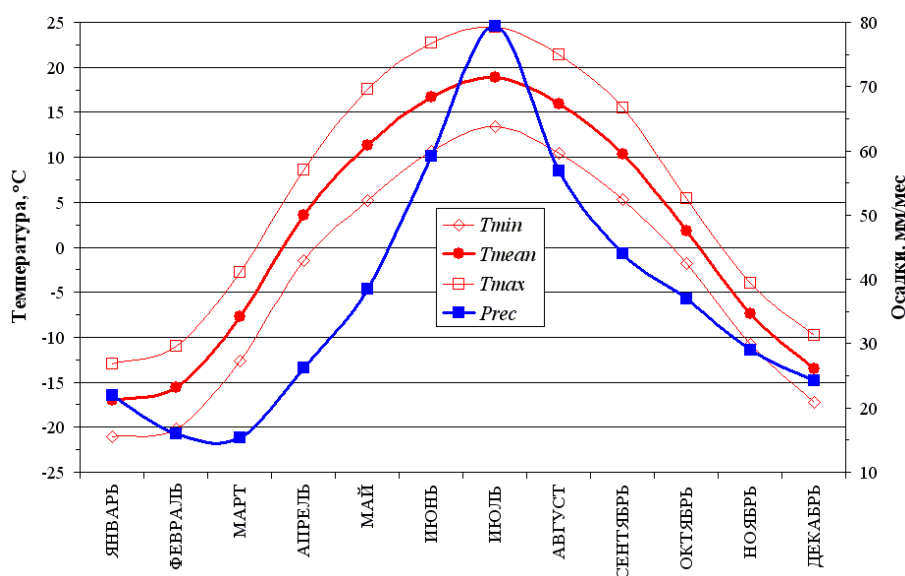


Рис. 1. Распределение температур и осадков в регионе

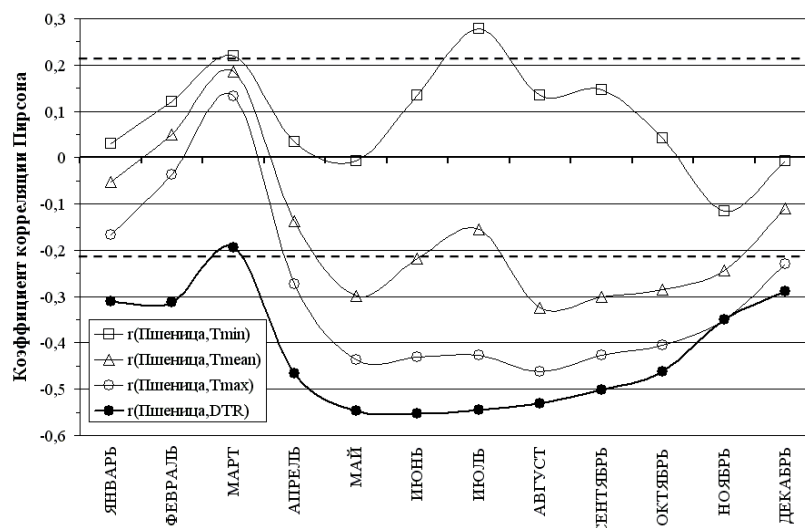


Рис. 2. Распределение тесноты связи между урожайностью яровой пшеницы и климатическими факторами: ночной температурой  $T_{min}$ , среднесуточной  $T_{mean}$ , дневной  $T_{max}$  и суточным перепадом температур  $DTR$ . Точки между пунктирными линиями отвечают незначимой при  $P < 0,05$  связи

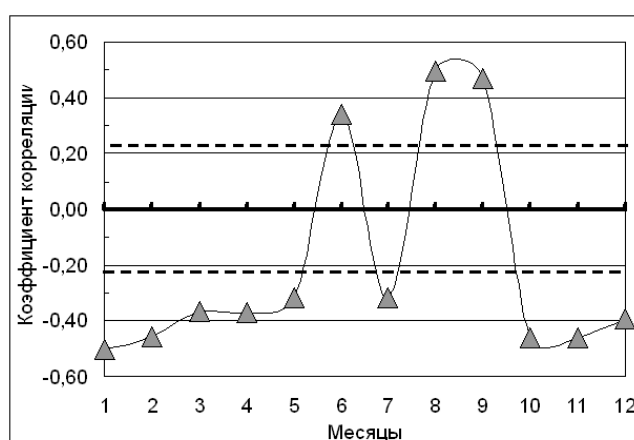


Рис.3. Распределение тесноты связи между урожайностью яровой пшеницы и суммой осадков

Предикторы здесь расположены в порядке убывания их значимости, то есть первый – ведущий. Это уравнение объясняет 52% дисперсии урожайности. В уравнение не вошли характеристики рельефа, важнее оказались климат и тип почв.

Интересно, что осадки  $Prec06$  и  $Prec04$  вошли в модель с разными знаками. В апреле осадки имеют тесную положительную связь с суммой осадков зимы и марта (коэффициент корреляции  $r = -0,93$ ), рост апрельских осадков может приводить к переувлажнению почвы. Переувлажнение поддерживает также то, что дневная и среднесуточная температуры в апреле уже положительные, а ночная еще отрицательная (см. рис. 1), избыточное увлажнение может создавать неблагоприятные условия для развития проростков, негативно влияя на последующую урожайность. Это приводит к отрицательной связи с  $Prec04$  в модели. В июне, напротив, осадки благоприятно влияют на урожайность. Позитивное влияние заключается также в том, что в июне осадки тесно связаны с температурой и связь между ними отрицательная ( $r = -0,70$ ): чем больше осадков, тем сильнее снижается температура, что, в свою очередь, приводит к увеличению урожайности (см. рис. 2). Перепад дневной и ночной температур июня  $DTR07$  в регионе в среднем равен  $11,2^{\circ}\text{C}$  и отрицательно влияет на урожайность (см. рис.2). Однако на черноземах этот перепад  $DTR07\text{-CH}$

меньше и составляет  $7,7^{\circ}\text{C}$ , связан он с величиной урожайности положительно. Четвертый предиктор – дневная температура апреля  $T_{max04}$  – характеризуется положительными значениями от  $6,3$  до  $10,1^{\circ}\text{C}$ , а ночью температура отрицательная, при которой происходит промерзание почвы, возрастание температуры днем приводит к большему оттаиванию, что может потенциально увеличивать увлажнение почвы. Последнее неблагоприятно для урожая так же, как и увеличение осадков апреля (второй предиктор), поэтому  $T_{max04}$  в уравнении присутствует с отрицательным знаком.

#### Литература

1. Рухович О.В., Шарая Л.С., Шарый П.А., Романенков В.А. Прогнозирование урожая озимой пшеницы в агроландшафтах методами геоморфометрии // Плодородие – 2009. – № 5. – С. 22–24.
2. Шарый П.А., Рухович О.В., Шарая Л.С. Методология анализа пространственной изменчивости характеристик урожайности пшеницы в зависимости от условий агроландшафта // Агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 57–81.
3. Шарый П.А., Рухович О.В., Шарая Л.С. Предсказательное моделирование характеристик урожая озимой пшеницы // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 310–326.
4. Шарый П.А., Пинский Д.Л. Статистическая оценка связи пространственной изменчивости содержания органического углерода в серой лесной почве с плотностью, концентрацией металлов и рельефом // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 1344–1356.
5. Шарый П.А., Шарая Л.С., Рухович О.В. Методы прогноза урожайности озимой пшеницы в бассейне р. Оки с использованием рельефа, климата и почв // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. 3. Мониторинг и моделирование ландшафтов/ Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. Гл. 3/69. – С. 328–333.
6. Шафран С.А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы // Агрохимия. – 2020. – № 2. – С. 20–27.
7. Шафран С.А. Баланс азота в земледелии России и его регулирование в современных условиях // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 14–21.
8. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.J., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2005. V. 25. P. 1965–1978.
9. Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E., Chapin E.C., Martin J.M., Daffer W., Hensley S. An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2005. 143 p.
10. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis // Geoderma. 2002. V. 107. P. 1–32.
11. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry // Hengl T., Reuter H.I. (Eds.) Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Amsterdam, etc.: Elsevier, 2009. Chapter 10. P. 257–267.

Sharaya L.S., Rukhovich O.V., Shary P.A., Ivanova O.I., Nikitina L.V.  
 FGBNU "All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"  
 127434, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31, info@vniia-pr.ru  
 FGBUN "Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS"  
 142290, Russia, Moscow region, Pushchino, Institutskaya str., 2, soil@issp.serpukhov.su

We statistically compared spring wheat yields with characteristics of climate, soils, and topography in Urals, where such studies were not reported earlier. A multiple regression equation was obtained with precipitation of June, April, diurnal temperature range (DTR) of July, indicator of chernozems, and maximal temperature of April as leading predictors. It is shown that in Urals DTR is more closely related with wheat yields than night or day temperatures, but leading role in the regression play precipitation of June and April.

Keywords: spring wheat, yields, climate, soils, topography, Urals.

УДК 631.816.23:631.431:631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.18

## ДИНАМИКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В ЗЕРНОКОРМОВЫХ СЕВООБОРОТАХ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

А.А. Гусейнов<sup>1</sup>, к.с.-х.н., М.А. Арсланов<sup>1</sup>, д.с.-х.н., Г.Н. Гасанов<sup>1,2</sup>, д.с.-х.н.,  
 К.М. Гаджиев<sup>2</sup>, д.с.-х.н., Х.М. Мирзаева<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»,  
 367032, РФ, г. Махачкала, ул. им. М. Гаджиева, 180.

<sup>2</sup>ФГБУН Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН  
 (ДФИЦ РАН),

367032, РФ, г. Махачкала, ул. им. М. Гаджиева, 45. E-mail: arsmurat@yandex.ru

Исследования проведены в ООО «Вымпел-2002» Хасавюртовского района Республики Дагестан на лугово-каштановой почве. Целью исследований было определение динамики агрофизических свойств почвы в трех зернокармовых севооборотах, насыщенных люцерной и озимой пшеницей с последующим использованием во вторую половину лета пожнивных естественных фитоценозов (ПЕФ) на зеленое удобрение от 25 до 75% в сравнении с их монокультурами. Основным способом недопущения ухудшения агрофизических свойств почвы при размещении ее повторно на одном и том же поле в течение 3-4 лет является формирование в пожнивной период после ее уборки ПЕФ и использование ее фитомассы на зеленое удобрение. При четырехлетней монокультуре озимой пшеницы с ПЕФ по сравнению с монокультурой люцерны такой же продолжительности наблюдается уменьшение наиболее ценных в агрономическом отношении структурных агрегатов в пахотном слое почвы с 66,6 до 64,0%, водопорочных – с 39,3 до 32,8, коэффициента структурности – с 2,18 до 1,78%. Плотность почвы при этом повышается с 1,20 до 1,26 г/см<sup>3</sup>, пористость снижается с 54,2 до 52,0%. Увеличение степени насыщения зернокармовых севооборотов люцерной с 25 до 75% способствует улучшению перечисленных показателей агрофизических свойств почвы. Эти данные подтверждают важную роль люцерны в оптимизации показателей плотности почвы в севооборотах. Но эти же данные дают основание считать, что сочетание посевов озимой пшеницы с ПЕФ способствует поддержанию их на относительно высоком уровне, сопоставимом с показателями под люцерной двухлетнего возраста, поскольку увеличение плотности почвы на 0,06 г/см<sup>3</sup> и, соответственно, снижение ее пористости на 2,08% в рассматриваемом регионе не влекут за собой существенное ухудшение агрофизических показателей плодородия почвы по сравнению с другими севооборотами с люцерной.

Ключевые слова: люцерна, озимая пшеница, ПЕФ, плотность почвы, пористость, агрегатный состав, коэффициент структурности, водопорочные агрегаты, накопление растительной массы.

Для цитирования: Гусейнов А.А., Арсланов М.А., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Мирзаева Х.М. Динамика агрофизических показателей плодородия почвы в зернокармовых севооборотах Западного Прикаспия // Плодородие. – 2023. – №5. – С. 71-75. DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.18.

В полевых севооборотах орошаемых районов Западного Прикаспия люцерна в доперестроечные годы занимала 20-30%, озимые зерновые – 50-55, остальная площадь – 20-25% приходилась на пропашные культуры. Одно поле в 7-10-польных севооборотах (10-14%) после уборки озимых хлебов отводили под пожнивные культуры.

Однако в настоящее время соблюдение такой структуры посевных площадей, тем более использование второй половины лета после уборки озимой пшеницы для

получения второго урожая кормов с той же площади, невозможно, поскольку значительные площади орошаемых земель остаются нетронутыми даже для получения одного урожая из-за отсутствия финансовых и материально-технических возможностей у сельских товаропроизводителей. Сельскохозяйственные предприятия региона в настоящее время специализируются на выращивании в основном двух культур: озимой пшеницы на 60-80% площади и люцерны – на остальной площади пашни. Поэтому полностью нарушены ранее введенные