

- После увлажнения почвы до 120% от НВ в результате испарения произошла потеря влаги; влажность почвы за весь срок наблюдений варьировала от 50,0 до 6,2%.

- Исходная влажность почвы определяет соотношение фракций структурного состава и количество агрономически ценной фракции. Наибольшее количество агрегатов размером от 10 до 0,25 мм образуется при влажности 22,0%, наименьшее – при 6,2%.

- Водопрочность структуры чернозема выщелоченного определяется влажностью почвенных образцов при структурном анализе. Доведение поч-

венных образцов до воздушно-сухого состояния приводит к резкому уменьшению количества водопрочных агрегатов. Максимальное количество водопрочных агрегатов (79,5%) отмечено при влажности 22,0%, минимальное (56,0%) – при 6,2%. По этой причине целесообразно вести рассеивание почвы на ситах в поле при естественной влажности.

- Расчет коэффициентов корреляции установил слабую связь ($r = -0,2$) между влажностью почвы и структурным составом. Между влажностью и агрегатным составом она оценивается как средняя ($r = 0,4$).

Литература

1. *Абрамова М.М.* Передвижение воды в почве при испарении // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 11. – С. 35-40.
2. *Березин П.Н., Воронин В.Д., Шейн Е.В.* Структура почвы: энергетический подход к количественной оценке // Почвоведение. – 1983. – № 10. – С. 63-68.
3. *Большаков А.Ф.* Материалы по изучению водного режима почв // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 31. – С. 57-61.
4. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высш. школа, 1973. – 399 с.
5. *Воронин А.Д.* Основы физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – С. 244.
6. *Григоров О.Н.* Электрокинетические явления. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – С. 21-24.
7. *Дерягин Б.В.* К вопросу об определении понятия и величины расклинивающего давления и его роли в статике и кинетике тонких слоев жидкостей // Коллоидный журнал. – 1955. – Т. 11. – Вып. 3. – С. 207-214.
8. *Долгов С.И.* Травопольная система земледелия и водный режим почв и ландшафта. – М.: Изд-во АН СССР, 1949. – С. 27-30.
9. *Качинский Н.А.* Физика почв. – М.: Высш. школа, 1965. – С. 37-42.
10. *Кульчицкий Л.И.* Природа гидратации глинистых минералов и гидрофильность глинистых пород // Связанная вода в дисперсных системах. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – Вып. 2. – С. 114-140.
11. *Летунов П.А., Музычук И.Ф., Лапшина А.Н.* Передвижение солей с капиллярно-подвешенной водой // Памяти Вильямса. – М., 1942. – С. 37-42.
12. *Малянов А.П.* Передвижение капиллярно-подвешенной воды в почве // Уч. зап. Саратов. гос. ун-та, 1940. – Т. 15. – Вып. 1. – С. 27-34.
13. *Роде А.А.* Почвенная влага. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 37-44.
14. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С. 45-58.
15. *Рыжов С.Н., Богомолов В.З.* Испарение из структурной и распыленной почвы // Почвоведение. – 1934. – № 1. – С. 24-29.
16. *Саввинов Н.И.* Структура почвы и ее прочность. – М.: Сельхозгиз, 1931. – С. 21-24.



УДК 631.4

В.В. Чупрова, О.Л. Донская, З.Н. Николаева

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ХАКАСИИ

Глубокие изменения природных экосистем на территории Хакасии связаны в значительной мере с развитием сельского хозяйства. Естественные экосистемы замещаются антропогенными трансформатами – агроценозами. Их площадь составляет в настоящее

время 603 тысячи гектаров, или 10% общей территории. Агроценоз является открытой системой, и его функционирование определяется направленной деятельностью человека и влиянием внешней среды – главным образом климатическими факторами.

Проблемы национального углеродного баланса, обусловленные прогнозируемым изменением климата, сосредоточили основное внимание исследователей на лесных территориях [2], которые выявили неполноту наших знаний о вкладе агроценозов в основные процессы наземного цикла и баланса углерода. Экологическая значимость пахотных массивов в различных ландшафтно-климатических зонах Хакасии предопределяет необходимость оценки годичного аккумулярования углерода агроценозами.

Целью нашей работы являлись количественная оценка чистой первичной продукции агроценозов в ландшафтно-климатических зонах Хакасии и определение динамики изменений за 30-летний (1971-2000 гг.) период.

Исследованиями были охвачены все агроценозы региона, расположенные в различных ландшафтно-климатических зонах: сухая степь с каштановыми почвами, степь с обыкновенными и южными черноземами, лесостепь с черноземами обыкновенными, выщелоченными и серыми лесными почвами.

Для выявления особенностей климатических условий этих природных зон из фондовых материалов Хакасского гидрометеорологического центра по контролю и мониторингу окружающей среды были использованы следующие основные агроклиматические показатели: сумма среднесуточных температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ (сумма активных температур), сумма осадков за год, сумма осадков за вегетационный (май - июль) период.

Существенным критерием оценки климатических условий территории, как известно, служит соотношение тепла и влаги, от которого зависит урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Поэтому был определен гидротермический коэффициент – по Г.Т. Селянинову и С.А. Сапожниковой, а также индекс сухости – по Г.М. Сергееву и А.В. Резниковой [5]. Принята следующая градация оценки гидротермического коэффициента: $> 1,6$ характеризует избыточно влажную зону, $1,6 - 1,3$ – лесную влажную зону, $1,3 - 1,0$ – лесостепь (недостаточное увлажнение), $1,0 - 0,7$ – степь (засушливая зона), $0,7 - 0,4$ – сухая степь [10]. Значения индекса сухости $1,9 - 2,1$ соответствуют засушливым районам, $1,9 - 1,7$ – недостаточно увлажненным, $1,7 - 1,4$ – умеренно увлажненным, $1,4 - 1,0$ – достаточно увлажненным, $< 1,0$ – избыточно увлажненным [3].

Продукция агроценозов рассчитывалась по урожайности полевых культур, возделываемых на земельной территории Хакасии в период 1971-2000 гг. Выборка этих данных сделана из материалов экономического отдела Министерства сельского хозяйства Республики Хакасия.

Значения урожайности всех культур были обработаны методом вариационной статистики, и средние оценки использованы для определения чистой первичной продукции (NPP). Надземная продукция (ANP) агроценозов определялась по уравнению [6]:

$$ANP = T + J,$$

где T – запасы основной и побочной фитомассы, J – масса отмерших в вегетационный период надземных органов растений.

Для оценки побочной продукции корнеплодов, овощей, силосных культур использовали справочные коэффициенты, а массу соломы зерновых и зернобобовых, пожнивных остатков однолетних и многолетних трав рассчитали по регрессионным моделям [7]:

$$y = 0,1062x + 2,0044,$$

где y – солома, x – зерно.

Величину J (y) зерновых культур вычислили по уравнению: $y = 0,2901x + 2,1605$, где x – солома.

Подземная продукция (BNP) определялась по уравнению:

$$y = 0,2923x + 2,1695,$$

где y – BNP, x – ANP. NPP рассчитана как сумма ANP и BNP. Чистая первичная продукция агроценозов в ландшафтно-климатических зонах определялась путем умножения годичной продукции культур на площадь, занимаемую каждой культурой в зоне.

Территория Хакасии характеризуется природной зональностью и высокой расчлененностью рельефа, разнообразием климатических условий. Ландшафтная специфика заметно трансформирует региональные климатообразующие факторы – атмосферную циркуляцию и режим солнечной радиации, что оказывает большое влияние на распределение температур и выпадение осадков.

В сухостепной зоне осадков выпадает в среднем 256 мм в год, из них 139 мм – в вегетационный период (табл. 1). Минимальное среднегодовое количество летних (май-июль) осадков составляет 60 мм, максимальное – 200 мм. Таким образом, в этой зоне наряду с засушливыми, выделяются годы со значительным уровнем увлажнения. Характер выпадения осадков часто ливневый, распределение неравномерное, более 60% их количества приходится на теплый период. Однако важной особенностью является то, что во время прорастания растений и начальной фазы вегетации осадков бывает недостаточно, что существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

Ресурсы тепла, характеризуемые суммой температур $> +10^{\circ}\text{C}$, составляют в среднем 1790°C . Совпадение максимума осадков и высоких температур обуславливает интенсивное испарение с поверхности почвы. Индекс сухости здесь равен 2,1, гидротермический коэффициент – 0,7, что позволяет охарактеризовать данную территорию как слабоувлаженную, периодически подвергающуюся засухе.

В степной зоне годовое количество осадков за последний 30-летний период достигает 290 мм, из которых 54% выпадает в летнее время. По-прежнему, как и в сухостепной зоне, осадки вегетационного периода заметно варьируют в различные годы – от 75 до 280 мм. Это создает большую неустойчивость

**Среднегодовое (1971-2000 гг.) климатические показатели
в ландшафтно-климатических зонах Хакасии**

Ландшафтно-климатическая зона	САТ	ОГ	ОВП	ИС	ГТК
Метеостанция Уйбат					
Сухостепь	1790	256	139	2,1	0,7
Метеостанция Шира					
Степь	1710	291	156	1,8	0,9
Метеостанция Таштып					
Лесостепь	1620	460	211	1,3	1,3

Примечание. САТ – сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C (сумма активных температур), °С; ОГ – сумма осадков за год, мм; ОВП – сумма осадков за вегетационный период (май-июль), мм; ИС – индекс сухости; ГТК – гидротермический коэффициент.

влагообеспеченности для развития растений и приводит к значительным флюктуациям урожайности в разные годы.

Среднегодовая сумма активных температур воздуха выше +10°C в степной зоне равняется 1710°C, что немного ниже, чем в сухостепной зоне. Индекс сухости, равный 1,8, свидетельствует о достаточно большой испаряемости и соответствует засушливым районам. Величина гидротермического коэффициента поднимается до 0,9, что характерно для степной зоны с дефицитом увлажнения, хотя соотношение тепла и влаги здесь более благоприятное для возделывания зерновых культур, чем в сухостепной зоне.

В лесостепной зоне среднегодовое количество осадков за исследуемый период увеличивается до 460 мм. Почти половина (46%) их годовой нормы выпадает в летнее время. Диапазон колебаний осадков за вегетационный период в различные годы исследований по-прежнему широкий – от 140 до 300 мм. Ре-

сурсы тепла, характеризующие суммой активных температур, снизились до 1620°C, хотя и соответствуют оптимальным условиям возделывания яровой пшеницы. Особенностью этой зоны является неравномерный характер динамики температур в период вегетации растений. Отмечено быстрое нарастание температуры весной и резкое падение осенью. Территория лесостепной зоны по сравнению со степной отличается более низкими значениями индекса сухости (1,3), но более высоким значением гидротермического коэффициента (1,3), что соответствует условиям достаточного увлажнения и теплообеспечения.

Доля каждой природной зоны в общем объеме земельной территории Хакасии представлена на рисунке 1. Из него видно, что наибольшую площадь (60%) занимает степь. Основными культивируемыми растениями на пахотных массивах региона являются зерновые культуры, особенно яровая пшеница.

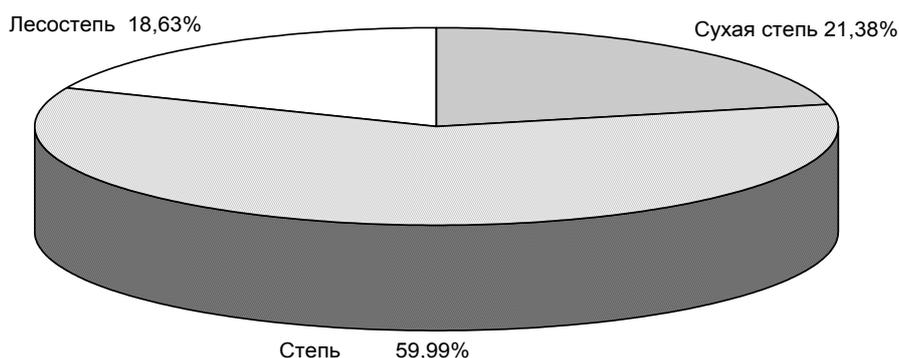


Рис. 1 Соотношение ландшафтно-климатических зон пахотной территории Хакасии

Урожайность зерновых культур в ландшафтно-климатических зонах Хакасии неодинаковая: наименьшая – в сухостепной, наибольшая – в лесостепи (рис. 2). Во всех природных зонах отмечалось значительное варьирование урожайности зерна в период

1971-1999 гг., обусловленное влиянием погодных и агротехнических условий выращивания полевых культур. Так, урожайность зерновых культур в сухой степи изменяется в диапазоне 0,4 - 1,2 т/га, составляя в среднем около 0,8 т/га; в степной зоне – 0,2 - 2,01 т/га

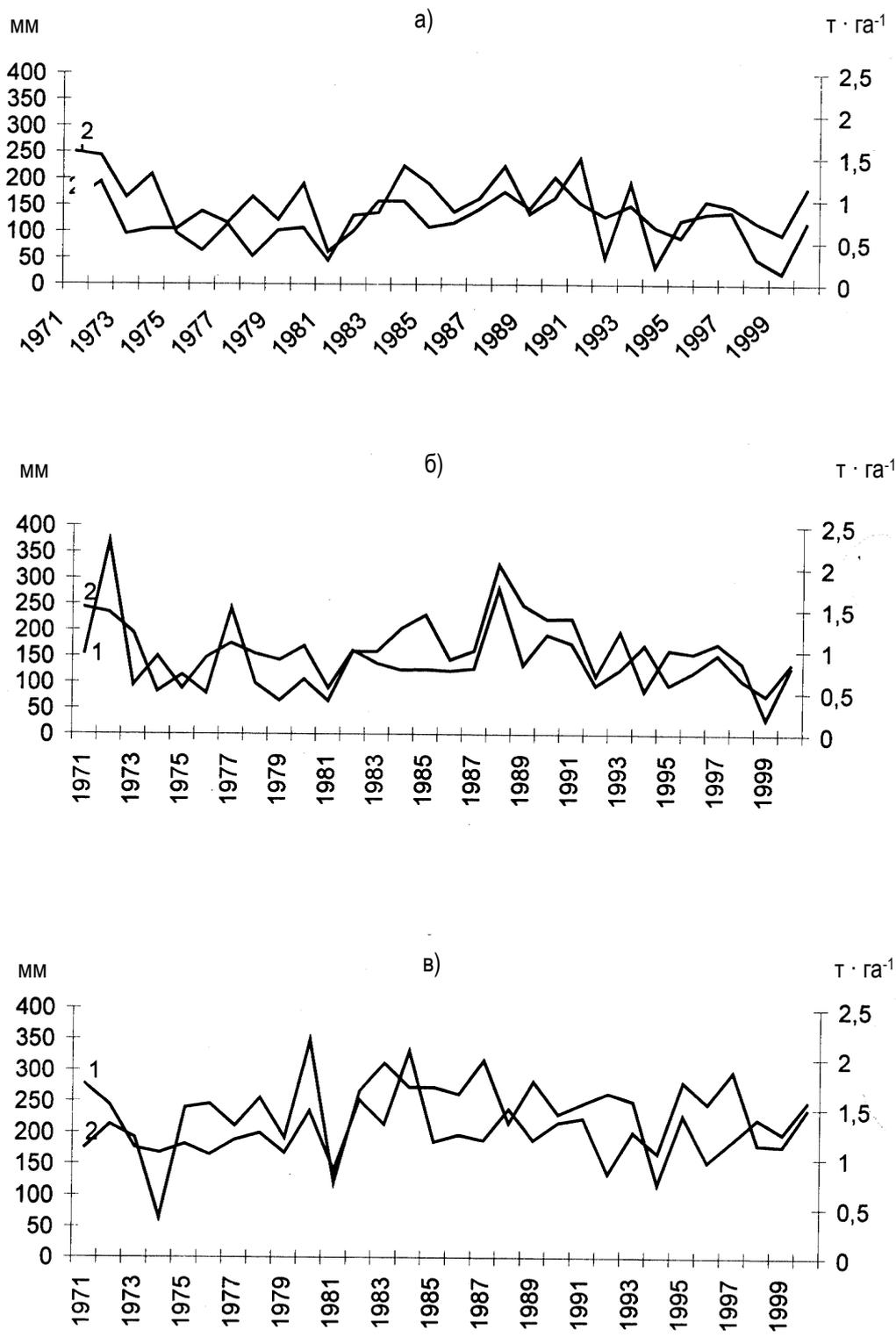


Рис. 2 Урожайность зерновых культур и осадки в ландшафтно-климатических зонах:
 а) сухостепь, б) степь, в) лесостепь; 1 – осадки, 2 – урожайность зерновых культур

при средней величине 1,0 т/га; в лесостепи – 0,8 - 2,3 т/га и в среднем составляет 1,3 т/га. Известно [8], что степная зона Красноярского края отличается выравненной урожайностью зерновых культур за последний 20-летний период: 1,1 - 1,7 т/га при средней величине 1,5 т/га. Урожайность зерновых в Алтайском крае колеблется в пределах 0,6 - 1,3 т/га [4], в степной зоне Бурятии – 0,5 - 0,7 т/га [9].

Прослеживается довольно четкая зависимость урожайности зерновых культур в сухостепной и степной зонах Хакасии от суммы осадков за вегетационный период и характера их выпадения. Такие годы исследований, как 1972, 1988, 1990-й, характеризовались максимальным увлажнением и отличались высокими урожаями зерновых культур – 1,5; 2,0; 1,4 т/га в степи и 1,5; 1,4; 1,0 в сухой степи соответственно.

По данным республиканской агрохимической станции «Хакасская», применение минеральных удоб-

рений достигало максимальных величин в 1991-1992 гг. (рис. 3). В последующие годы нормы внесения удобрений в сухостепной и степной зонах снизились до 2-3 кг д.в./га. Урожайность зерновых культур, колеблясь, падает, но незначительно. В лесостепной зоне нормы внесения минеральных удобрений сократились с 50 до 2 кг д.в./га в период с 1991 по 1997 год. В последующие годы, начиная с 1997-го, отмечается увеличение объемов применения минеральных удобрений до 32 кг д.в./га, и урожайность, флюктуируя, немного повышается.

Сравнение результатов, полученных в ходе исследования, выявило неодинаковый уровень продуктивности агроценозов, расположенных в различных ландшафтно-климатических зонах Хакасии. Чистая первичная продукция зерновых культур изменяется от 8,5 т/га в год в сухостепной зоне до 9,5 т/га в год в лесостепи (табл. 2).

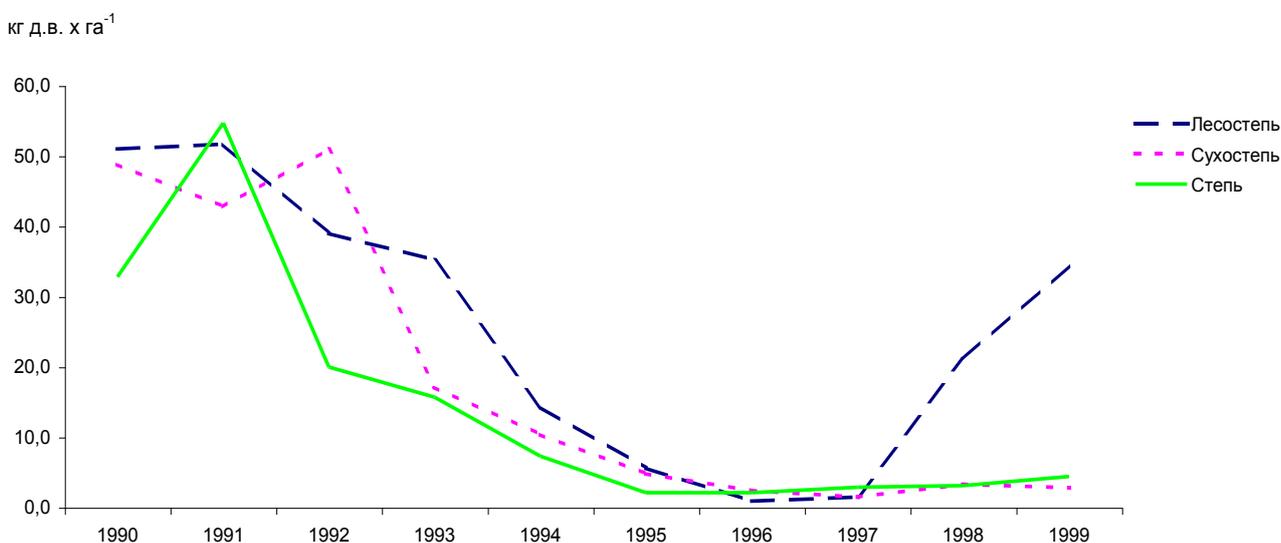


Рис. 3 Применение минеральных удобрений на сельскохозяйственной территории Хакасии

Таблица 2

Продукция полевых культур в ландшафтно-климатических зонах Хакасии (1971-2000 гг.), т · га⁻¹ · год⁻¹

Культура	Сухая степь			Степь			Лесостепь		
	ANP	BNP	NPP	ANP	BNP	NPP	ANP	BNP	NPP
Зерновые	5,7	2,8	8,5	5,9	2,8	8,7	6,5	3,0	9,5
Картофель	1,8	2,5	4,3	1,2	1,5	2,7	1,5	1,9	3,4
Овощи	1,6	0,9	2,5	-	-	-	-	-	-
Корнеплоды	1,6	2,9	4,5	1,9	2,8	4,7	2,3	3,3	5,6
Кукуруза	3,0	3,5	6,5	3,3	3,5	6,8	4,0	3,5	7,5
Прочие силосные	2,4	3,5	5,9	3,2	3,5	6,7	4,2	3,5	7,7
Однолетние травы	2,5	3,2	5,7	3,5	3,2	6,7	4,4	3,2	7,6
Многолетние травы	2,1	7,5	9,6	2,2	7,5	9,7	4,4	7,5	11,9

Наибольшую долю в продуктивность зерновых агроценозов вносят надземные органы растений. Соотношение между массой надземной и подземной

продукции расширяется от зоны сухой степи к лесостепи за счет увеличения ANP. Продукция корней меняется незначительно. Многолетние травы отличают-

ся самой высокой NPP, что связано с большим ежегодным приростом массы корней. Независимо от ландшафтно-климатической зоны BNP многолетних трав достигает 7,5 т/га в год, что в 2,5 - 2,8 раза больше, чем BNP зерновых культур.

Однако продукция многолетних трав в Хакасии все же в 2 раза уступает таковой в степной зоне Красноярского края [8]. Это обусловлено не только отличающимися климатическими условиями, но и – в большей мере – различным уровнем плодородия почв в этих регионах. Небольшая мощность гумусово-аккумулятивного горизонта, невысокая обеспеченность питательными элементами и влагой черноземов южных и каштановых почв в степи Хакасии ограничивают интенсивность прироста корней растений, что отражается на формировании подземной продукции. Величина ANP многолетних трав увеличивается от 2,1 - 2,2 т/га в год в сухостепи и степи до 4,4 т/га в год в лесостепи, что хорошо согласуется с улучшением тепло- и влагообеспеченности территории в этом ряду природных зон.

Однолетние травы формируют в 1,6 раза меньшую продукцию, так как подземные органы однолетних растений не достигают такой величины, как корни многолетних. Увеличение ежегодной NPP однолетних трав от 5,7 т/га в сухой степи до 7,6 т/га в лесостепи связано с повышением продукции в надземной сфере агроценоза. Минимальная NPP - 2,5 т/га в год - характерна для овощных агроценозов. Отметим, что выращивание овощей в республике осуществляется сейчас в небольших объемах, в основном при ороше-

нии. Годичная продукция кукурузы, других силосных культур и корнеплодов закономерно повышается от зоны сухой степи к степи и лесостепи. При этом соотношение ANP и BNP также увеличивается, что связано с более высокими значениями надземной продукции культур в лесостепной зоне. Изменения продукции корнеплодов в различных зонах не существенны. Наибольшая NPP картофеля (4,3 т/га в год) наблюдается в сухостепной зоне, что связано с применением орошения.

Суммарная продукция современных агроценозов на всей земледельческой территории Хакасии достигает 4,7 млн тонн в год (табл. 3). Это в 5 раз меньше продукции агроценозов Красноярского края [8]. Наибольший вклад в продукцию Хакасии вносят агроценозы степи – 2,7 млн тонн в год, занимающие площадь 362 тысячи гектаров. Агроценозы сухостепной зоны, заместившие естественные фитоценозы на территории 129 тысяч гектаров, синтезируют ежегодно наименьшее количество органического вещества в год – 0,9 млн тонн. Продукция агроценозов лесостепи, несмотря на меньшую, чем в сухой степи, площадь, составляет 1,1 млн тонн и в общем объеме продукции современной пашни достигает 23%. В любой природной зоне наибольшая часть органического вещества создается зерновыми агроценозами, занимающими большие площади и характеризующимися довольно высокими значениями NPP, а наименьшая – овощными. Колебания продукции за период исследования связаны с изменениями погодных условий и уменьшением посевных площадей.

Таблица 3

Продукция агроценозов в ландшафтно-климатических зонах Хакасии, 10⁶ т · год⁻¹

Ландшафтно-климатическая зона	Площадь пашни, тыс. га	ANP	BNP	NPP
Сухостепь	129	0,4	0,5	0,9
Степь	362	1,3	1,4	2,7
Лесостепь	112	0,6	0,5	1,1
Всего	603	2,3	2,4	4,7

Выполненные исследования позволяют заключить, что:

– агроценозы в лесостепи по сравнению с агроценозами в других ландшафтно-климатических зонах Хакасии отличаются наибольшими значениями чистой первичной продукции, преимущественно за счет более интенсивного прироста фитомассы в надземной сфере. Продукция корней полевых культур

в различных природных зонах изменяется незначительно;

– агроценозы в степной зоне заместили естественные фитоценозы на значительно большей площади, чем в сухостепной и лесостепной зонах. На долю агроценозов степи приходится почти 60% общего объема органического вещества, синтезированного пашней Хакасии.

Литература

1. Карасюк И.М., Здоровцев А.И., Гордиенко В.П. и др. Справочник по зерновым культурам. – Киев: Урожай, 1991. – 320 с.
2. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Ф.И. Плешиков, Е.А. Ваганов, Э.Ф. Ведрова и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 365 с.

3. *Лысанова Г.И.* Агрорландшафтные исследования геосистем Минусинской котловины // География и природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 90-98.
4. *Рудский В.В., Лысенкова З.В., Кротова Т.П., Праздникова Н.Н., Тарасова О.С.* Экономическая география и регионалистика. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2001. – 196 с.
5. *Сергеев Г.М., Резникова А.В.* Агроклиматические ресурсы. Проблемы производственной оценки и прогнозирования оптимизации использования // Географические проблемы освоения бассейна Верхнего Енисея. – Иркутск, 1974. – 134 с.
6. *Титлянова А.А., Тихомирова Н.А., Шатохина Н.Т.* Продукционный процесс в агроценозах. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. – 185 с.
7. *Чупрова В.В., Александрова С.В.* Определение чистой первичной продукции агроценозов методами математического моделирования // Гомеостаз лесных экосистем: Мат-лы X междунар. симп. «Концепция гомеостаза: теоретические, экспериментальные и прикладные аспекты»: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2001. – С. 165-172.
8. *Чупрова В.В.* Биологическая продуктивность современных агроценозов Красноярского края // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв: Мат-лы конф. – Красноярск, 2001. – С. 50-54.
9. *Шагжиев К.Ш., Ральдин Б.Б., Раднаев Б.Л. и др.* Бурятия: природные ресурсы. - Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 1997. – 280 с.
10. *Шульгин А.М.* Агрометеорология и агроклиматология. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 191 с.



УДК 581.522.4:632.122

Н.В. Зобова, Е.Н. Коньшева, П.В. Митина

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ ЭДАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Засоленные и кислые почвы малопригодны для возделывания культурных растений и крайне неблагоприятны для земледелия. Создание кислото- и солеустойчивых сортов сельскохозяйственных растений является поэтому одним из актуальных направлений в современной селекционной практике.

В целом засоленность почвы является очень серьезной проблемой, поскольку в мире от засоления страдает два миллиона квадратных километров земель, используемых для сельскохозяйственного производства, из них около 30-50% составляют орошаемые земли. Проблема засоленных почв для Красноярского края не является актуальной, однако здесь насчитывается 553,3 тысячи гектаров почв с кислой реакцией. В основном это серые лесные и дерново-подзолистые почвы. Наиболее чувствителен к почвенной кислотности ячмень, что сдерживает его распространение в таежных и подтаежных районах Сибири.

Биотехнологический подход позволяет производить селекцию клеток, устойчивых к повышенным концентрациям солей и ионов водорода, а в дальнейшем использовать их для получения наследственно соле- и кислотоустойчивых форм растений через соматический эмбриогенез и выращивание растений-регенерантов. Такие линии растений-регенерантов нами получены на селективных средах с высокой концентрацией соли и низкими значениями рН и размножены [1].

На следующем этапе важное значение приобретает исследование приспособительных реакций

полученных регенерантов на адаптацию к эдафическому стрессу.

Высокой надежностью, как показали исследования Г.В. Удовенко и соавторов [4; 2], обладают методы, основанные на учете изменения при засолении прироста биомассы вегетативных органов и некоторых линейных параметров растений. Корреляция результатов с истинной солеустойчивостью сортов доходила до +0,80 - 0,96. Этими же авторами отмечено, что чем больше изменяются показатели при засолении, тем меньше солеустойчивость растений.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служили родительские формы и линии регенерантов ярового ячменя, полученные нами в условиях культивирования изолированных незрелых зародышей и отбора устойчивых форм в каллусных тканях на селективных средах. В качестве родительских форм использованы адаптивные линии ярового ячменя селекции Красноярского НИИСХ и два сорта [3]. Номер, название и характеристика линий приведены в таблице.

Для лабораторной оценки кислото- и солеустойчивости исследуемых генотипов ярового ячменя использовали рулонный метод оценки проростков. В качестве тестирующего признака наблюдали изменение накопления биомассы и величины проростков и корней, выращенных в солевом растворе и растворе с низкой рН по сравнению с этими показателями на контроле.