

# АГРОЭКОЛОГИЯ



УДК 631.582:631.445.4:633.111«321»

**Н.А. Воронкова,  
О.Ф. Хамова**

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**Ключевые слова:** агрохимия, биологизация, плодородие почвы, азот, оптимизация, баланс, предшественник, многолетние бобовые травы, растительные остатки, микроорганизмы, минеральное питание, урожайность.

### Введение

Зональные системы земледелия в Западно-Сибирском регионе на современном этапе предполагают создание сбалансированных, высокопродуктивных и устойчивых агроландшафтов, максимально адаптированных к природным условиям региона и обеспечивающих сохранение и повышение плодородия почв. В традиционном земледелии решение проблемы сохранения плодородия почвы связано с использованием большого количества энергоемких ресурсов и в первую очередь невозполнимых. В условиях резкого снижения инвестиций, направляемых на повышение плодородия почвы, первосте-

пенное значение приобретают приемы интенсификации биологических факторов, предусматривающие использование органических и бактериальных удобрений, запашку соломы, насыщение севооборотов бобовыми культурами. Эффективно решить эти вопросы можно только в условиях длительных стационарных опытов на основе полевых севооборотов [1-3].

Севообороты являются важным агротехническим и биологическим средством восстановления плодородия и защиты почвы от эрозии и приобретают всё большее фитосанитарное значение в земледелии. Они являются основой биологизации земледелия, которая в современных условиях создаёт исключительно благоприятные предпосылки для ведения экологически чистого земледелия. Это реализуется за счет природоохранной, почвозащитной и фитосанитарной роли севооборотов через оптимизацию структуры посевных площадей в сторону расширения посевов мно-

голетних бобовых трав и строгое соблюдение принципов плодосмена при проектировании севооборотов [4, 5].

Важным фактором в севооборотах, определяющим интенсивность биологических процессов и накопление органического вещества, является количество поступающих в почву послеуборочных остатков. Значительные колебания этого показателя связаны с видом сельскохозяйственной культуры, величиной ее урожая, условиями увлажнения в период вегетации, системой обработки почв и др. [6, 7].

Наряду с количеством растительных остатков важное значение имеют их химический состав и скорость разложения в почве. Содержание азота в корневых остатках многолетних бобовых трав колеблется в пределах 2,25-2,60%, фосфора – 0,34-0,80, в поукосных остатках – соответственно, 1,82-2,65 и 0,30-0,71% [8].

Исследованиями Е.Н. Мишустина, Н.И. Черепкова (1979), Ф.И. Левина (1977) установлена достоверная связь между массой растительных остатков и урожаем основной продукции выращиваемых культур [9, 10].

#### Объекты и методы

С целью установления влияния предшественников (чистый пар и люцерна) на урожайность яровой мягкой пшеницы и отдельные показатели почвенного плодородия были проведены исследования в стационарных опытах, заложенных в 1986, 1987 гг., на основе шестипольного зерно-травяного и пятипольного зернопарового севооборотов в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Чередование культур в зернопаровом севообороте: пар чистый, пшеница, соя, пшеница, ячмень; в зерно-травяном севообороте – многолетние травы (люцерна) 1-го года жизни, 2-го, 3-го, пшеница, пшеница, овес. Севообороты развернуты как во времени, так и в пространстве. Исследования были проведены в вариантах без внесения удобрений. Повторность четырёхкратная.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусовый тяжело-суглинистый с содержанием гумуса 6,4-6,6% (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия 101-120 и 350-420 мг/кг почвы (по Чирикову) соответственно.

Учет численности микроорганизмов проводили на твердых питательных средах: бактерий-сапрофитов – на мясопептонном агаре (МПА), потребляющих азот в минеральной форме – на крахма-

ло-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофилов – на средах Эшби и Мишустинной, целлюлозоразлагающих микроорганизмов на среде Гетчинсона, нитрификаторов – на водном выщелоченном агаре с добавлением двойной аммонийно-магниевого соли фосфорной кислоты [11]. Интенсивность разложения целлюлозы определяли в полевых условиях методом Тихомировой, содержание азота нитратов – по Грандваль-Ляжу [12, 13]. Анализ ферментативной активности почвы проводился в воздушно-сухих образцах: инвертазы – по Купревичу, уреазы – по Гофману, каталазы – газометрически [11].

Анализ почвы проводили стандартными методами.

Высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур в оптимальные сроки. Агротехника в опыте общепринятая для зоны.

Результаты исследований обработаны дисперсионным методом статистического анализа по Доспехову [14].

По среднемноголетним данным сумма осадков за вегетационный период составляет 197 мм (ГТК 1,0-1,3) [15]. Погодные условия за период исследований с 1990 по 1994 гг. были различные. 1990, 1993, 1994 гг. характеризовались как благоприятные по увлажнению (ГТК – 1,11; 1,50; 1,26), 1992 г. был засушливым (ГТК – 0,97), 1991 г. – острозасушливый, когда ГТК в критические фазы развития растений составлял 0,66-0,82, температурный режим в мае-июле превышал норму на 2,1...5,1°C.

#### Экспериментальная часть

Исследование с целью сравнительного анализа действия предшественников (чистый пар и люцерна) яровой мягкой пшеницы на азотный режим почвы, микробиологическую активность почвы и урожайность проводились в двух севооборотах. Основным источником пополнения органического вещества почвы в зернопаровом севообороте являются пожнивные и корневые остатки зерновых культур. В зерно-травяном севообороте кроме растительных остатков зерновых культур в почву поступают послеуборочные остатки люцерны.

Для определения возможного обогащения или истощения почвы азотом нами был рассчитан баланс азота в вариантах без внесения удобрений в обоих севооборотах, который определялся по разности поступления и расходованию его из

почвы. Расчет величины обогащения почвы биологическим азотом из растительных остатков люцерны сделан по формуле, предложенной Е.П. Трепачевым [17].

На рисунке 1 представлены баланс и интенсивность баланса азота в зависимости от предшественника. В зернопаровом севообороте баланс азота отрицательный (-27 кг/га), интенсивность – 66%. Введение в севооборот бобового компонента позволило без привлечения дополнительных удобрительных средств получить положительный баланс – 21 кг/га (интенсивность 119%). В приходной статье баланса азота в почве при посеве пшеницы по бобовому предшественнику доля биологического азота растительных остатков составила в среднем 82%, тогда как на азот пожнивных и корневых остатков зерновых культур в зернопаровом севообороте приходилось в среднем 56%.

В этой связи в сравнении с паровым предшественником под пшеницей после распашки пласта люцерны значительно увеличилось количество почвенных микроорганизмов на 41%, в том числе микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме на КАА – на 49, олигонитрофилов – на 48, нитрификаторов – 37%.

Наряду с ростом численности микроорганизмов возросла и активность ферментов, катализирующих гидролитические (инвертаза, уреазы) и окислительно-вос-

становительные процессы в почве (каталаза), соответственно, на 13, 27 и 37%. С участием почвенных ферментов протекает большинство реакций синтеза и разрушения минеральных и органических веществ в почве. Значительное увеличение активности каталазы в сравнении с гидролазами может быть связано с синтезом гумусовых компонентов почвы.

По сравнению с паровым предшественником под пшеницей после люцерны на 48% увеличилась интенсивность разложения целлюлозы, которая тесно связана с показателями плодородия почвы, особенно с обеспеченностью азотом [12].

Потенциальная способность почвы к нитратонакоплению, характеризующая запас легкоминерализуемых соединений азота, почти в 2 раза, или 88%, под пшеницей после распашки люцерны превышала паровой предшественник (табл.).

Усиление биологической активности черноземной почвы после распашки пласта люцерны способствовало разложению пожнивных и корневых остатков и накоплению элементов питания в почве. Содержание азота нитратов в почве после уборки люцерны было высоким, как после парования.

Обогащение почвы доступным азотом способствовало повышению урожайности пшеницы по пласту люцерны за годы исследований на 5,0 ц/га по сравнению с пшеницей по пару (рис. 2).

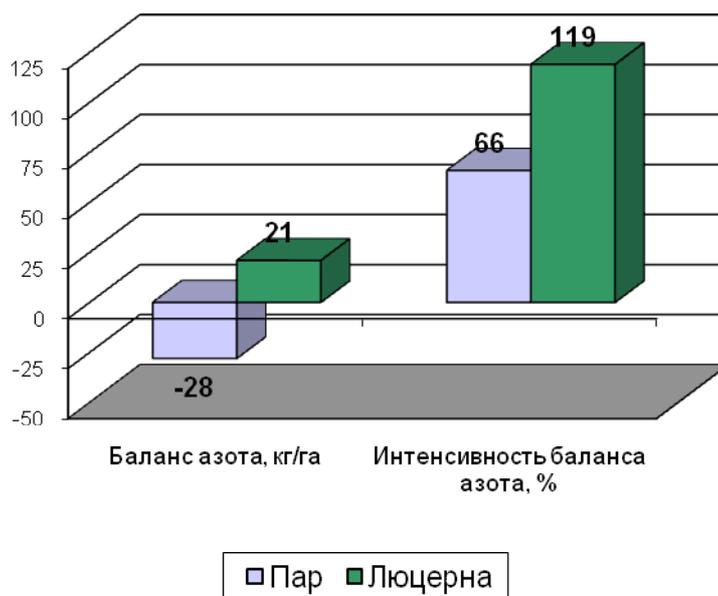


Рис. 1. Влияние предшественника яровой мягкой пшеницы на баланс (кг/га) и интенсивность баланса (%) азота в севооборотах (среднее за 1990-1994 гг.)

Влияние предшественника пшеницы на численность микроорганизмов и биологическую активность чернозема, слой 0-20 см (среднее за 1990-1994 гг.)

Показатель биологической активности	Пшеница по пару (контроль)	Пшеница по люцерне	% к контролю
	КОЕ/г		
Бактерии, растущие на МПА, млн	38,7	45,6	18
Микроорганизмы, растущие на КАА, млн	32,1	47,8	49
Олигонитрофилы, млн	91,2	135,2	48
Нитрификаторы, тыс.	4,9	6,7	37
Целлюлозоразрушающие м.о., тыс.	79,9	75,2	6
Почвенные грибы, тыс.	40,4	34,1	16
Общее количество микроорганизмов	162,0	228,7	41
Инвертаза, мг инвертного сахара/г	13,5	17,2	27
Уреаза, мг NH <sub>3</sub> /г	0,15	0,17	13
Каталаза, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> в мин/г	1,75	2,39	37
Целлюлозолитическая активность, % в сутки	0,44	0,65	48
Нитрификационная способность, мг/кг N-NO <sub>3</sub>	20,2	37,9	88

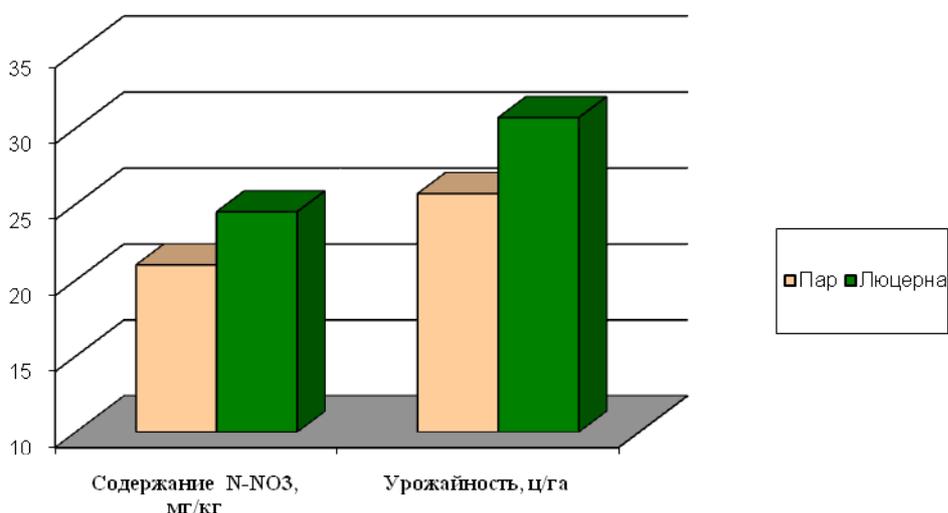


Рис. 2. Влияние предшественников яровой мягкой пшеницы на содержание нитратного азота перед посевом (слой 0-40 см) и урожайность (НСР<sub>05</sub> – 2,1 ц/га)

В последующие ротации зернотравяного севооборота были получены аналогичные данные: возделывание в севообороте многолетних бобовых трав и ранняя распашка пласта обеспечили зерновые культуры доступным азотом в большей степени по сравнению с паровым предшественником.

**Результаты и их обсуждение**

Экспериментальные данные, полученные в длительных стационарных опытах, позволили сравнить различные севообороты и оценить влияние предшественников на плодородие почвы и урожайность последующих культур.

Величина биологического круговорота веществ в севооборотах, наряду с раз-

ным количеством поступающей органической массы остатков, определяется содержанием в ней питательных элементов, в том числе и азота. Содержание валового азота в корневых и пожнивных остатках злаковых составляет 0,7-1,2%. С органическими остатками люцерны в почву возвращается в 2-3 раза больше азота благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями и связыванию атмосферного азота.

Ежегодное поступление большого количества органики в почву оказывает существенное влияние на баланс азота, который зависит от интенсивности разложения растительных остатков. По данным П.П. Вавилова, Г.С. Посыпанова (1983), органические остатки бобовых трав быстрее минерализуются с высвобождением

питательных веществ в сравнении корне-поживными остатками зерновых культур [16]. Белки бобовых культур состоят главным образом из легкорастворимых фракций.

На скорость минерализации влияет более узкое (< 20) соотношение C:N в органических остатках люцерны в сравнении с соломой зерновых культур (20-30) [1, 9]. Введение в севооборот бобового компонента позволило без дополнительных удобрительных средств получить положительный баланс азота, поскольку за счет дешевого и экологически чистого биологического азота люцерны обеспечила себя и последующие культуры этими элементами питания.

Легкоразлагающееся органическое вещество растительных остатков люцерны послужило источником пищи и энергии для почвенной микрофлоры, численность которой увеличилась под последующей культурой пшеницы на 40% в сравнении с паровым предшественником.

Активизация гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов в звене после распашки люцерны зернотравяного севооборота свидетельствует не только об интенсивных процессах мобилизации элементов питания из растительных остатков, но и в то же время – синтезе гумусовых соединений. В отличие от зернотравяного севооборота, в паровом поле азот нитратов является результатом минерализации гумуса.

Накопление минерального азота нитратов под пшеницей после люцерны было равно, а в отдельные годы и превышало его количество после парования почвы в зернопаровом севообороте.

Значительно, на 88% в сравнении с паровым предшественником, увеличился потенциальный запас легкомобилизуемых азотсодержащих соединений после распашки люцерны. Следует отметить, что для большей эффективности обработки пласта для последующих культур нужно проводить как можно раньше, сразу после первого укоса люцерны.

При сравнении зернопарового и зернотравяного севооборотов следует учесть также продуктивность использования пашни, т.е. получение высококачественного белкового корма из люцерны.

Обеспеченность почвы питательными веществами, в частности доступным азотом, при разложении органических остатков люцерны способствовала повышению урожайности последующих культур –

пшеницы по пласту люцерны на 5,0 ц/га зерна больше, чем по паровому предшественнику.

### Заключение

Таким образом, в современных условиях дефицита элементов питания в почве, высокой стоимости минеральных удобрений, учитывая проблему сохранения потенциального плодородия почвы, а также экологичность и экономичность приёма, введение в севооборот посевов многолетних бобовых трав, ранняя распашка пласта после первого укоса более эффективны для последующих культур в сравнении с парованием.

### Библиографический список

1. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 411 с.
2. Храмов И.Ф. Проблемы биологизации земледелия и пути их решения / И.Ф. Храмов // Материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Омской области. – Омск, 1994. – Ч. 2. – С. 12-14.
3. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.
4. Соколов В.Е. Биологизация сельского хозяйства / В.Е. Соколов, Ю.П. Пузаченко // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 1988. – № 6. – С. 3-8.
5. Лошаков В.Г. Севооборот – основополагающее звено современных систем / В.Г. Лошаков // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 5. – С. 23-26.
6. Кордуняну П.Н. Биологический круговорот элементов питания сельскохозяйственных культур в интенсивном земледелии / П.Н. Кордуняну. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 270 с.
7. Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию / В.А. Черников, Н.З. Милашенко, О.А. Соколов. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 203 с.
8. Чуян Г.А. К управлению плодородием черноземов в эрозионных агроландшафтах / Г.А. Чуян // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения. – М., 2001. – Вып. 14. – С. 39-40.

9. Мишустин Е.Н. Роль бобовых культур и свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов азотном балансе земледелия / Е.Н. Мишустин, Н.И. Черепков // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-вода. – М.: Наука, 1979. – С. 9-17.

10. Левин Ф.И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции / Ф.И. Левин // Агрехимия. – 1977. – № 8. – С. 36-42.

11. Большой практикум по микробиологии / Т.Е. Аристовская и др. – М.: Высшая школа, 1962. – 490 с.

12. А.с. № 338196. СССР. Способ определения эффективного плодородия почвы / Л.Д. Тихомирова. – Бюллетень № 6. 1972.

13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 325 с.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Агрехимиздат, 1985. – 351 с.

15. Агроклиматический справочник по Омской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 228 с.

16. Вавилов П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.

17. Лебедева Л.А. Научные принципы системы удобрения с основами экологической агрохимии: учебное пособие / Л.А. Лебедева, Н.Л. Едемская; под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 320 с.



УДК 550.4

Д.Н. Балыкин

## МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ УЙМОНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

**Ключевые слова:** микроэлементы, почвы, растения.

### Введение

В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования поведения групп химических элементов в природных и антропогенных средах, их совокупного влияния на живые организмы.

Уймонская котловина является одной из крупных среднегорных котловин Алтая. Горным окаймлением депрессии служат два крупных хребта – Теректинский и Катунский, опоясывающих котловину, соответственно, с севера и юга.

Наиболее интенсивный характер развития земледелия в Уймонской котловине на протяжении последних 200 лет привел к возникновению ряда негативных последствий, выражающихся в проявлении эрозийных процессов, снижении плодородия, что приводит к деградации почв.

В последнее время научный интерес к исследованию Уймонской котловины и ее горного окаймления возрос, что связано, в том числе, и с высоким рекреационным

потенциалом данной территории. Это требует глубоких научных исследований, направленных на сохранение биоразнообразия и целостности природных ландшафтов.

**Цель работы** – выявить закономерности поведения и аккумуляции микроэлементов в почвах и растениях Уймонской котловины.

### Задачи:

1) оценить уровень содержания микроэлементов в почвах Уймонской котловины;

2) изучить основные физико-химические свойства почв Уймонской котловины, определяющие характер внутрипрофильного распределения микроэлементов и радионуклидов в системе генетических горизонтов исследуемых почв;

3) изучить характер пространственного распределения микроэлементов в почвах Уймонской котловины;

4) оценить содержание микроэлементов в основных полевых культурах, возделываемых в условиях Уймонской котловины.