

**Выводы**

При увеличении сроков эксплуатации насаждений яблони и жимолости до 20 лет и более происходит улучшение водопрочности почвенных агрегатов, водопроницаемости. В питомнике, наоборот, при длительной их эксплуатации ухудшаются водно-физические свойства почв, что вызывает необходимость внесения органических удобрений.

**Библиографический список**

1. Попова В.П. Агроэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем. – Краснодар, 2005. – 243 с.

2. Герасимов И.П., Розов Н.Н., Ромашкевич А.И. Общая характеристика почвенного покрова // Западная Сибирь. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 158-164.

3. Татаринцев Л.М. Изменение физического состояния почв Алтайского Приобья под влиянием распашки // Режимы почв, параметры плодородия и приемы его воспроизводства. – Барнаул, 1992. – С. 33-45.

4. Неговлов С.Ф., Вальков В.Ф. Почвы и сады. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1965. – 192 с.



УДК 631.4:579(571.15)

**Е.А. Блохина,  
Е.Г. Пивоварова**

**ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ  
В ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

***Ключевые слова:** почвенные микроорганизмы, агроценоз, информационно-логические модели.*

На основе известных и оригинальных математических моделей в экологии и почвоведении выделяют несколько типов поведения динамических систем [1]. Особое внимание уделяется анализу сложных (нелинейных) режимов функционирования за пределами равновесия (стационарного состояния), возникающих в результате самоорганизации системы. Динамические модели условно делят на биологические, почвенные, биокосные. Они описывают рост и развитие растений, почвенной флоры и фауны, микроорганизмов, миграцию веществ, физических и химических свойств почвы, круговорота и баланса веществ и энергии. Причём характерное время динамических моделей может составлять от минут до многих лет. Шаг квантования в динамических моделях определяется целью моделирования. Это могут быть модели, прогнозирующие глобальные изменения на значительный временной отрезок [2], модели годовых циклов различных почвенных процессов [3], или прогнозирование модели вегетационной динамики почвенных свойств и процессов [4]. Кроме того, прогнозирование временной динамики почвенных свойств зависит от степени вариабельности моделируемого свойства.

Для микробиологических и агрохимических свойств характерна высокая степень вариации в течение вегетационного периода

[5]. Динамические модели численности микроорганизмов в почве в течение вегетационного периода имеют не только теоретическое, но и прикладное значение при мониторинге агрохимических свойств почвы и оптимизации минерального питания растений.

**Объекты и методы**

Исследования проводили в зоне выщелоченных чернозёмов лесостепи, в почвенном районе выщелоченных чернозёмов и тёмно-серых лесных почв. По агроклиматическому районированию территории входят в тёплый достаточно-увлажнённый район, который охватывает северо-восточную и юго-восточную части Бие-Чумышской увалистой равнины и долину реки Оби с хорошо развитой поймой.

В настоящее время территория Алтайского Приобья почти полностью распашана. Естественная растительность сохранилась лишь в неудобных для распашки местах. По геоботаническому районированию правобережье реки Оби относится к средней лесостепи с преобладанием злаково-разнотравной растительностью, чередующейся с березовыми колками [6].

Почвенный покров весьма разнообразен. Здесь встречаются чернозёмы (выщелоченные, оподзоленные, обыкновенные), серые лесные почвы. Наибольшее распространение среди пахотных угодий лесостепи получили комбинации почв контуров разного размера тёмно-серых лесных почв, чернозёмов оподзоленных среднесуглинистых, выщелоченных среднесуглинистых и

маломощных малогумусных, обыкновенных среднеспособных среднесуглинистых и лугово-чернозёмных среднеспособных среднегумусных однородного гранулометрического состава, в основном средне- и тяжелосуглинистые крупно-пылеватые. Запасы гумуса в слое 0-20 см в почвах составляют 86 т/га, азота – 4,6 т/га. Емкость поглощения у чернозёмов – 34,4 мг-экв. на 100 г почвы, у серых лесных – 25,6 мг-экв. на 100 г почвы. Общее содержание фосфора в почвах зоны у чернозёмных почв 0,25%, серых лесных – 0,18%. Реакция почвенного раствора – нейтральная, или слабокислая.

Для выяснения влияния различных факторов вегетационной динамики (влажности почвы, количества осадков, ГТК, температуры воздуха, фазы развития растений, содержания азота нитратов и аммония, подвижного фосфора и обменного калия) на состав микроорганизмов в почве был заложен полевой опыт на чернозёме выщелоченном среднеспособном малогумусном в производственных условиях ОАО «Украинка» Косихинского района. Почвы опытного участка низко обеспечены азотом нитратов и аммония и высоко обеспечены подвижным фосфором и обменным калием. При определении структурно-функциональной организации микробсообщества почв в лабораторных условиях использован набор питательных сред. Гетеротрофная микрофлора, разлагающая органические азотсодержащие соединения, выращивалась на мясопептонном агаре (МПА); актиномицеты и бактерии, усваивающие азот минеральных соединений – на крахмало-аммиачном агаре (КАА); микроскопические грибы – на среде Чапека с сульфатом стрептомицина [7].

В соответствии с поставленными задачами программой исследований образцы почв отбирались в полевой период на участке ЧП «Возрождение» Первомайского района на геоморфологическом профиле из пяти разрезов для агрохимической характеристики почв и из слоя 0-20 см по основным фазам развития яровой пшеницы. Площадь опытной делянки составила 70 м<sup>2</sup>, повторность трёхкратная. В опыте использовали яровую пшеницу сорта Алтайская 92, предшественник яровая пшеница, агротехника возделывания – общепринятая для зоны.

Для математической обработки результатов и моделирования динамики численности микроорганизмов в почве использован информационно-логический анализ, который имеет ряд преимуществ перед статистическими методами [8].

### Результаты и их обсуждение

Информационный анализ позволил выявить влияние наиболее значимых факторов

вегетационной динамики на численность каждой группы микроорганизмов в почве (табл.): фаза развития яровой пшеницы, количество осадков за предшествующую декаду, средняя температура воздуха за предшествующую декаду, ГТК за предшествующую декаду, влажность почвы, содержание в почве азота аммония, азота нитратов, подвижного фосфата и обменного калия.

Для микробов на МПА ведущим фактором является средняя температура воздуха за предшествующую декаду (Кэфф. = 0,4213). Известно, что недостаток тепла сказывается на характере почвообразовательного процесса и на формировании микробных ассоциаций (Красильников, 1958). На количество микроорганизмов данной группы также в значительной степени влияют количество осадков, выпавших в предшествующую декаду (Кэфф. = 0,3447) и содержание в почве азота аммония (Кэфф. = 0,3040). Интенсивное размножение микроорганизмов происходит в достаточно увлажнённой почве (Красильников, 1958). В природной обстановке влажность почвы подвержена существенным колебаниям, при дефиците увлажнений нередко подавляется деятельность микроорганизмов. Поэтому влажность почвы является одним из основных факторов, влияющих на динамику численности микробов (Кэфф. = 0,2933). Температура и влажность почвы способствуют активизации микробиологических процессов, от которых в основном зависит уровень питательных веществ в почве [9]. Остальные факторы также оказывают влияние, но в меньшей степени.

Для микроорганизмов, использующих для своего развития минеральный азот (микробы на КАА), наиболее значимой является связь с содержанием азота аммония (Кэфф. = 0,3252). Это закономерно, так как накопление данной формы минерального азота является потенциальным источником питания бактерий данной группы.

Перечисленные важнейшие факторы изменения численности бактерий по коэффициенту передачи информации располагаются в следующей последовательности: средняя температура воздуха за предшествующую декаду (Кэфф. = 0,3088), фазы развития растений (Кэфф. = 0,2684), ГТК за предшествующую декаду (Кэфф. = 0,2677), содержание азота нитратов и влажность почвы (Кэфф. = 0,2450-0,2258). Содержание подвижного фосфора и обменного калия оказывает одинаковое влияние на численность микробов на КАА, однако по сравнению с температурой воздуха, содержанием аммонийного азота и ГТК они значительно ниже.

Связь между численностью микроорганизмов и факторами их вегетационной динамики (по коэффициенту эффективности передачи информации Кэфф.)

Фактор	Микроорганизмы		
	МПА, млн КОЕ/г	КАА, млн КОЕ/г	Грибы, тыс. КОЕ/г
Влажность почвы, <b>ВП</b>	0,2933	0,2258	0,2292
<b>ГТК</b> за предшествующую декаду	0,2677	0,2677	0,1729
Средняя температура воздуха за предшествующую декаду, $t^{\circ}\text{C}$ <b>ТВ</b>	0,4213	0,3088	0,2298
Осадки за предшествующую декаду, <b>Ос</b>	0,3447	0,1886	0,2904
Фазы развития, <b>ФР</b>	0,2951	0,2684	0,3727
Азот аммонийный, <b>N-NH<sub>4</sub></b>	0,3040	0,3252	0,2344
Нитратный азот, <b>N-NO<sub>3</sub></b>	0,1625	0,2450	0,2003
Подвижный фосфор, <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,1810	0,2002	0,1295
Обменный калий, <b>K<sub>2</sub>O</b>	0,1884	0,2033	0,0752

Рост микроскопических грибов-деструкторов в первую очередь определяется фазой развития яровой пшеницы (Кэфф. = 0,3727), осадками за предшествующую декаду (Кэфф. = 0,2904), содержанием аммонийного азота (Кэфф. = 0,2344), в равной степени средней температурой воздуха за предшествующую декаду и влажностью почвы (Кэфф. = 0,2298-0,2292). Очень слабая связь между численностью грибов и содержанием калия (Кэфф. = 0,0752).

С помощью информационно-логического анализа были получены динамические модели численности микроорганизмов в течение вегетации:

$$MPA_{din} = ТВ \boxtimes Ос \boxtimes (ФР \boxtimes ВП \boxtimes ГТК \boxtimes (K_2O \boxtimes P_2O_5 \boxtimes N-NO_3));$$

$$КАА_{din} = N-NH_4 \boxtimes ТВ \boxtimes (ФР \boxtimes ГТК \boxtimes (N-NO_3 \boxtimes ВП \boxtimes (K_2O \boxtimes P_2O_5 \boxtimes Ос));$$

$$Г_{din} = ФР \boxtimes (Ос \boxtimes (N-NH_4 \boxtimes (ТВ \boxtimes ВП \boxtimes N-NO_3 \boxtimes (ГТК \boxtimes P_2O_5 \boxtimes K_2O))).$$

где  $MPA_{din}$ ,  $КАА_{din}$ ,  $Г_{din}$  – ранг численности микроорганизмов на средах МПА, КАА и среде Чапека в почве в определённый момент вегетационного периода;

Ос, ТВ, ГТК – ранг микроорганизмов в зависимости от количества осадков, температуры воздуха и ГТК предшествующей определению декады;

ВП, ФР – ранг микроорганизмов в зависимости от влажности почвы, фазы развития растений;

$N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  – ранг микроорганизмов в зависимости от содержания азота нитратов, азота аммония, подвижного фосфора, обменного калия;

$\boxtimes$  – знак логической операции функции нелинейного произведения.

Эти модели дают 38-42% безошибочного прогноза (ранг в ранг) и 76-81% с отклонением в один ранг.

### Заключение

Таким образом, полученные модели позволяют прогнозировать численность микроорганизмов в течение всего вегетационного периода. При этом наиболее достоверным будет прогноз, рассчитанный на основе прямого действия факторов, количества осадков и среднесуточной температуры воздуха за предшествующую декаду.

### Библиографический список

1. Смагин А.В. Режимы функционирования динамических биокостных систем // Почвоведение. – 1999. – № 12. – С. 1433-1447.
2. Быховец С.С. Климатические сценарии для задач моделирования динамики органического вещества в лесных экосистемах // Биосферные функции почвенного покрова: тез. докл. к конф., посвящ. 100-летию В.А. Ковды. – Пушкино, 2005. – С. 15-16.
3. Пузаченко Ю.Г., Козлов Д.Н., Сиунова Е.В. Проблемы глобальных оценок дыхания почвы // Биосферные функции почвенного покрова: конф., посвящ. 100-летию В.А. Ковды (15-17 февр., 2002 г.). – Пушкино, 2005. – С. 79.
4. Минин В.Б. Прогнозирование азотного режима пахотных почв в условиях гумидного климата // Тез. докл. 2 Съезда Общ-ва почвоведов. – СПб., 1996. – Кн. 1. – М., 1996. – С. 57-58.
5. Пивоварова Е.Г. Калийное состояние почв и его моделирование в условиях Алтайского Приобья: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 160 с.
6. Природное районирование Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 210 с.
7. Учебно-методическое пособие по исследованию микробоценозов естественных и антропогенно нарушенных почв. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. – 64 с.

8. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Сер. мед. география / ВИНТИ. – М., 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.

9. Мерзлая Г.Е., Семин В.Ю., Надежкин С.М., Никулина Е.В. Азотный режим

чернозема выщелоченного при систематическом применении удобрений // Роль почв в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2005. – С. 337-338.



УДК 636/635:631.416.9(571.15)

**С.Ф. Спицына,  
В.Г. Бахарев,  
Г.Г. Морковкин**

## **МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМОВ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**Ключевые слова:** микроэлементы, валовое содержание, черноземы, почвообразующие породы, зональная специфика.

### **Введение**

Подзона черноземов обыкновенных умеренно засушливой и колючной степи является важным земледельческим районом Алтайского края [1]. Плодородие основных пахотнопригодных почв этой территории достаточно хорошо изучено, однако имеется ряд вопросов по обеспеченности почв микроэлементами, необходимыми для нормального роста и развития растений.

Диагностика почв на содержание в них микроэлементов является одним из путей улучшения минерального питания растений. Она предусматривает выявление, прежде всего, общих запасов элементов в почве, определяемых средними величинами и коэффициентами варьирования. Необходимы также знания о поведении микроэлементов в системе: материнская порода – почва, которые позволяют установить региональную специфику биогенного накопления микроэлементов в верхних горизонтах почвы.

Знания о вероятности биогенного накопления микроэлементов в верхних горизонтах почв относительно материнских пород дают возможность выбрать среди микроэлементов наиболее дефицитные и разработать рациональную систему микроудобрений.

### **Объекты и методы исследований**

Объекты исследований: черноземы обыкновенные и выщелоченные умеренно засушливой и колючной степи Алтайского края.

Валовое содержание микроэлементов в почвах и почвообразующих породах опре-

делялось спектральным методом [5]. Для сравнительной оценки содержания микроэлементов в почвах по природно-почвенным зонам использованы данные мониторинга почв 1980-2000 гг. Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием приемов вариационной статистики [2].

### **Результаты исследований**

Одной из современных парадигм в учении о микроэлементах почв является то, что в природных условиях первичным источником почти всех микроэлементов почвы являются минералы исходных пород [4], то есть содержание микроэлементов в почвах зависит от их содержания в материнских породах. Изучение микроэлементного состава материнских пород подзоны черноземов обыкновенных умеренно засушливой и колючной степи показало, что они характеризуются значительной вариабельностью валового содержания меди, молибдена, марганца, цинка, кобальта и бора (табл. 1).

При этом наиболее высоким содержанием катионогенных элементов (Cu, Mn, Co, Zn) отличаются средне- и тяжелосуглинистые лёссовидные суглинки, что связано с высоким содержанием в них лёссовой фракции; обеднены микроэлементами аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения.

Различный механический состав почвообразующих пород черноземов умеренно засушливой и колючной степи является причиной значительной вариабельности содержания в них микроэлементов, вместе с тем содержание в них марганца, кобальта, меди и молибдена близко к кларку литосферы [6].