

МЕТЕОЗАВИСИМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ МИКОРИЗНЫХ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Музыка С.М., Музыка В.А.

Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, ignitmuz@gmail.com

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF MYCORRHIZAL MUSHROOMS IN EASTERN SIBERIA

Muzyka S.M., Muzyka V.A.

The correlation coefficient (r) between the meteorological parameters and the gross biological productivity of the most common mycorrhizal mushrooms was determined. The closest correlation of biological productivity was found with soil temperature and total monthly precipitation in August. Regularities of cyclicity of biological productivity of mycorrhizal mushrooms were found. The results can be both of theoretical and practical importance.

Влияние метеорологических факторов на ход плодоношения макромицетов отражается во многих работах. Установлено, что главными критериями, определяющими интенсивность плодоношения грибов, являются температура и влажность воздуха и почвы. Сочетание погодных условий определяет период плодоношения и урожай макромицетов. В некоторые годы чисто погодные факторы сдвигают фенологические сроки развития грибов (Данилов, 1949; Нанаи, 1964; Матвеев, 1972, 1976; Давыденко, 1974; Бурова, 1986, 1991). Несмотря на разработанный прогноз начала плодоношения определенных видов грибов по набранной сумме температур (Матвеев, 1972), в большинстве своем она оказывает слабое воздействие на урожайность грибов без учета осадков и влажности воздуха. В результате корреляционного анализа урожайности грибов по биотопам за 5-летний период выделены наиболее значимые показатели погодных условий (Ратова, 2014).

Установлено, что мицелий грибов, образующих микоризу с древесными породами, начинает сезонное развитие после обильных и теплых осадков, выпадающих в начале лета в количестве не менее 10 мм в сутки при температуре воздуха не ниже 12°C (Матвеев, 1976). При всех прочих оптимальных условиях, рост мицелия грибов зависит, прежде всего, от температуры почвы. При температуре 5 °C мицелий растет очень медленно. В глубоких слоях почвы мицелий растет наиболее интенсивно при ее температуре от 8 °C до 11 °C. При неблагоприятных условиях мицелий прекращает развитие без плодоношения. (Нанаи, 1964).

Высокая температура воздуха, сопровождающаяся обычно отсутствием осадков, оказывает отрицательное влияние на плодоношение макромицетов через влажность воздуха, усиливая ее сухость (Сенникова, 1984; Шубин, 1990). Для плодоношения многих видов оптимальная температура почвы на глубине 10 см составляет в пределах 11–15°C, при влажности 8–38% (Сенникова, 1984). Температура 10,3–10,8 °C верхнего 10-сантиметрового слоя почвы является оптимальной для плодоношения *Boletus edulis*, *Lactarius deliciosus*, *Tricholoma flavovirens* и *Suillus luteus* (Давыденко, 1974). Влажность и термический режим субстрата действуют на развитие мицелия только в совокупности и взаимосвязи друг с другом, как и все остальные факторы (Шубин, 1990).

Целью нашей работы является выявление степени метеозависимости продуктивности микоризных макромицетов методом корреляционного анализа и использование его результатов для прогноза урожая съедобных грибов.

Поскольку выполнение исследований по определению степени связи между отдельными метеорологическими параметрами и продуктивностью грибов требует трудоемких многолетних наблюдений для накопления значительного статистического материала, за основу статистической обработки были приняты данные по заготовкам съедобных грибов в двух смежных административных районах Иркутской области (Нижнеудинский и Тулунский) с одинаковыми природными условиями (северное Присяянье). Именно здесь отмечены самые высокие по Иркутской области сборы съедобных грибов во время организованных массовых их заготовок за период с 1964 по 1990 годы. Использовали данные по объемам заготовок, предоставленные из архивных материалов ЗАО «Иркутскзверопром» по Нижнеудинскому и Тулунскому коопзверопромхозам.

Известно, что между объемами заготовок съедобных грибов и общим их урожаем в большинстве случаев существует прямая зависимость (Сенникова, Скрыбина, 1990). Чтобы доказать такую зависимость мы вычислили парную корреляцию по заготовкам съедобных грибов в вышеуказанных районах ($r = 0,84$). Учет общей биомассы карпофоров проводили только по 7 видам хо-

рошо известных съедобных грибов (*Suillus luteus*, *Suillus granulatus*, *Suillus variegatus*, *Lactarius deliciosus*, *Lactarius resimus*, *Lactarius representaneus*, *Boletus edulis*).

Для оценки степени влияния тех или иных метеорологических параметров на продуктивность грибов мы провели парный корреляционный анализ между ежегодными данными метеонаблюдений и заготовками грибов за этот же период. Использовали данные метеонаблюдений, предоставленные нам из справочников Иркутской метеорологической обсерватории. Учитывая то, что многие параметры имеют тесную связь между собой, выбирали из них только наиболее значимые (табл. 1).

Таблица 1. Сопоставление заготовок грибов с основными метеорологическими параметрами в Нижнеудинском административном районе

Год	Средняя температура воздуха, °С			Количество осадков, мм			Заготовки, центнеров
	Июль	Август	Сентябрь	Июль	Август	Сентябрь	
1964	17,9	15,7	7,9	95,0	58,9	26,4	3,8
1965	17,9	15,4	7,4	90,1	78,2	46,8	4,2
1966	15,5	15,0	11,1	157,8	94,0	52,0	116,5
1967	17,0	12,0	6,6	179,7	96,1	24,7	68,2
1968	18,5	14,3	4,4	101,8	51,7	67,3	78,3
1969	19,8	14,1	6,4	82,2	70,5	85,2	4,2
1970	17,0	13,9	6,6	154,8	87,3	65,5	112,0
1971	16,0	14,8	7,7	97,0	91,6	41,7	30,0
1972	16,4	13,3	6,3	71,0	97,4	42,8	29,6
1973	17,0	13,7	9,7	74,0	67,9	35,6	133,5
1974	17,2	16,7	8,1	81,8	68,0	40,2	1,9
1975	17,3	13,8	8,2	92,7	105,2	85,2	696,0
1976	17,1	13,0	8,3	171,5	91,4	17,6	219,3
1977	15,6	13,3	8,4	144,2	95,6	19,5	3,6
1978	17,3	13,0	8,3	68,8	50,4	14,7	18,3
1979	18,1	13,1	7,7	18,2	49,2	39,3	0
1980	17,1	15,5	8,3	151,7	102,1	30,1	350,2
1981	15,8	13,0	8,6	148,0	121,0	53,2	90,0
1982	16,1	14,1	7,5	79,1	72,6	24,3	3,2
1983	15,4	14,9	6,5	98,7	123,1	59,6	24,0
1984	15,9	13,9	8,3	96,5	28,3	51,9	49,1
1985	17,2	14,5	7,6	102,6	93,9	74,8	562,1
1986	18,3	14,2	9,6	91,2	160,0	37,1	647,0
1987	16,5	15,0	8,3	84,4	163,2	60,4	19,0
1988	14,7	14,4	9,8	159,4	101,9	12,3	13,2
1989	16,2	13,9	6,5	40,9	56,9	26,3	0
1990	19,3	15,8	8,0	35,9	65,7	33,1	40,6
Средние	17,1	14,4	7,7	108	84	45	123

Линейный коэффициент корреляции Пирсона рассчитывали, используя специальную функцию MS Excel. В ходе вычислений применяли формулу:

$$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

где: X и Y – выборочные средние значения (метеорологические параметры и биологическая продуктивность соответственно), cov – ковариация; σ – среднеквадратическое отклонение.

В результате анализа максимальная корреляция (r) установлена с температурой почвы на глубине 40 см под естественным покровом в августе ($r = 0,47$ и соответственно Тулунский район – $r = 0,44$) и количеством осадков, выпадающих в августе ($r = 0,42$ и $r = 0,49$) (табл. 2). Связь между осадками и температурой почвы в июле и сентябре менее выражена. Влажность воздуха и парциальное давление водяного пара также имеет наибольшее значение в августе.

С числом морозных дней в сентябре наблюдается обратная связь ($r = -0,26$ и $r = -0,39$). Наблюдается связь сентябрьских осадков с продуктивностью грибов в следующем году ($r = 0,29$ и $r = 0,28$). Связи между продуктивностью грибов и метеорологическими параметрами июня не наблюдается. С количеством осадков, выпадающих в мае, имеется слабая обратная связь ($r = -0,33$ и $r = -$

0,31). Между продуктивностью грибов и солнечной активностью наблюдается обратная связь ($r = -0,38$ и $r = -0,29$), минимум биологической продуктивности приходится на период максимума солнечной активности.

Полученные в нашей статье результаты дают основание предполагать, что: 1) основным фактором, определяющим высокую продуктивность грибов, является повышенное количество осадков, выпадающих в августе; 2) наиболее тесная связь продуктивности грибов прослеживается с температурой на глубине около 40 см под естественным покровом, хотя известно о приуроченности мицелия к верхнему органическому слою почвы; 3) благоприятно на продуктивность грибов влияет повышенная температура воздуха в июле и сентябре при достаточном количестве осадков. Повышенное количество июльских осадков, сопровождающихся понижением среднесуточных температур воздуха, часто вызывает массовое появление грибов, характерных для ранней осени; 4) неблагоприятно сказываются на продуктивности грибов высокая температура воздуха в августе и осенние заморозки; 5) повышенное количество осадков в сентябре благоприятно влияет на продуктивность грибов в следующем году; 6) с некоторой степенью вероятности можно предположить, что после глубокого снежного зимы можно ожидать снижения продуктивности и наоборот; 7) возможно, что имеется связь продуктивности грибов с глубиной промерзания почвы в зимний период.

Таблица 2. Корреляция (r) заготовок грибов с метеорологическими параметрами в Нижнеудинском и Тулунском административных районах

Метеорологические элементы	Июль		Август		Сентябрь	
	Н-Удинск	Тулун	Н-Удинск	Тулун	Н-Удинск	Тулун
<i>Среднемесячная температура, °С:</i>						
– воздуха	0,2	0,21	0,04	0,01	0,23	0,19
– поверхности почвы	0,1	0,16	-0,01	-0,06	0,27	0,19
– почвы под естественным покровом на глубине:						
20 см	0,13	0,14	0,16	0,21	0,19	0,24
40 см	0,2	0,24	0,47	0,44	0,27	0,24
80 см	0,22	0,47	0,12	0,36	0,2	0,41
– почвы под оголенной поверхностью на глубине 5 см	0,14	0,27	0,04	0,09	0,19	0,14
Сумма осадков, мм	0,14	0,19	0,42	0,49	0,23	0,14
Влажность воздуха, %	0,18	0,09	0,34	0,43	0,11	0,26
Парциальное давление водяного пара, Мба	0,29	0,16	0,25	0,3	0,23	0,3
Число пасмурных дней	0,04	-0,12	0,54	0,31	0,08	0,14

Анализ динамики биологической продуктивности показал, что в течение 10 лет в условиях Восточной Сибири можно ожидать два года с высокой, четыре – со средней и четыре с низкой биологической продуктивностью грибов. Высокая продуктивность грибов, как правило, повторяется 2 года подряд, после чего наступает резкий ее спад. Автокорреляция показала, что в продуктивности грибов имеются 5-и летние ($r = 0,32$ и $r = 0,41$) и 11-и летние периоды ($r = 0,42$ и $r = 0,54$), одинаково высокой продуктивности грибов можно ожидать через 5 и 11 лет. Годы с высокой биологической продуктивностью грибов сопровождают следующие погодные условия – дождливый сентябрь прошлого года, малоснежная зима, сухой май, жаркий умеренно влажный июль, прохладный дождливый август, теплый влажный сентябрь с малым числом заморозков.

Хотя выводы, касающиеся зависимости биологической продуктивности грибов от метеорологических параметров являются бесспорными, они достаточно интересны, и подобный анализ можно сделать в других регионах. Интересные результаты дает построение спектров нарастания числа плодоносящих видов и их продуктивности. Фенологические исследования маршрутным методом в течение трех лет показали, что в разные годы календарные сроки максимального плодоношения сдвигаются, причем период смещения в течение одного года приблизительно совпадает у разных видов грибов. Практически полностью сохраняется и последовательность появления отдельных видов (Музыка, 2002). Этот факт еще раз подтверждает ведущую роль погодных условий в развитии макромицетов.

Литература

- Бурова Л.Г. Загадочный мир грибов.– М.: Наука, 1991.– 96 с.
- Бурова Л.Г. Экология грибов-макромицетов.– М.: Наука, 1986.– 222 с.
- Давыденко И.А. О почвенном температурном оптимуме массового плодоношения съедобных грибов // Экология.– 1974.– №2.– С. 75–76.
- Данилов Д.Н. Географическое размещение и периодичность урожаев грибов // Ботан. журн.– 1949.– Т. 34, №2.– С. 167–175.
- Матвеев В.А. Прогноз плодоношения съедобных грибов // Микология и фитопатология.– 1972.– Т. 6, вып. 4.– С. 358–360.
- Матвеев В.А. Сезонное развитие шляпочных грибов и определяющие его метеорологические факторы // Микология и фитопатология.– 1976.– Т. 10, вып. 1.– С. 13–18.
- Музыка, С.М. Грибы северного Присаянья (состав, экологические особенности и ресурсы).– Иркутск: ИрГСХА, 2002.– 154с.
- Нанаи Э. Об условиях образования плодовых тел грибов // Ботан. журн.– 1964.– Т. 49, № 11.– С. 1620-1624.
- Ратова М.Р. Экологическая приуроченность съедобных грибов лесных насаждений Красноярской лесостепи // Дисс. на соискание уч. ст. канд. биол. наук по специальности 03.02.08 – Экология (биология). – Красноярск, 2014. – 201 с.
- Сенникова Л.С. Урожайность съедобных грибов в Кировской области // Микология и фитопатология. – 1984.– Т. 18, вып. 6.– С. 455–459.
- Шубин В.И. Макромицеты лесных фитоценозов и их использование / В.И. Шубин.– Л.: Наука, 1990.– 197 с.

СООТНОШЕНИЕ ПОТОКОВ КИСЛОРОДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ГАЗООБМЕНЕ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

Мухин В.А.^{1,2}, Диярова Д.К.^{1,2}, Веселкин Д.В.^{1,2}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru;

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

OXYGEN AND CARBON DIOXIDE FLOWS RATIO IN GAS EXCHANGE OF THE XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES

Mukhin V.A.^{1,2}, Diyarova D.K.^{1,2}, Veselkin D.V.^{1,2}

On example of 18 species of wood decay Basidiomycetes fungi it was shown that oxygen consumption and emission of carbon dioxide – are functionally related processes and it shows the respiratory origin of CO₂ emitted from wood and oxidative nature of fungal convention of woody carbon to dioxide. The ratio of CO₂ / O₂ in gas exchange of wood decay fungi is in the same range of its values as of animals and plants and an average of 0.74±0.22. It does not have species differences, and are not related with moisture content and degree of destruction of woody debris.

Леса являются важными регуляторами C-CO₂ в атмосфере и играют соответствующую роль в биотической регуляции климата Земли (Исаев и др., 1993; Заварзин, 2006; Кудеяров и др., 2007; Букварева, 2010). Газообмен лесных экосистем основывается не только на фотосинтезе и дыхании древесных растений, но и на дыхании гетеротрофных организмов, участвующих в биосферно-значимых процессах биологического разложения растительных остатков. Одной из таких групп являются ксилотрофные базидиомицеты, являющиеся на настоящий момент единственными известными организмами, способными к твердофазной ферментации лигноцеллюлозного комплекса древесины. Они контролируют возвратную часть углеродного цикла лесных экосистем и играют исключительно важную роль в газообмене лесных экосистем, являющихся, по своей сути, древесно-грибными биоценозами (Заварзин, 2006).

В основе газообмена ксилотрофных базидиомицетов лежит их дыхательная активность, связанная с потреблением кислорода и выделением диоксида углерода. Соотношение потоков O₂ и CO₂, или дыхательный коэффициент (*RQ*) характеризует тип метаболизма организмов (аэробный/анаэробный), вид используемых ими энергетических субстратов, а также внешние условия газообмена. Однако работ по изучению соотношения потоков O₂ и CO₂ при разложении древесного