

УДК 631.67

ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ ОТ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.С. МОРОЗОВА, асп. каф. почвоведения МГУЛ⁽¹⁾,

caf-soil@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Определение оптимальных параметров влажности почвы для выращивания декоративных растений является достаточно сложной задачей, поскольку происходит комплексное воздействие целого ряда природных и антропогенных факторов. Статья посвящена актуальной научной и практической задаче изучения параметров окружающей среды, а также степени их воздействия на выращиваемые растения. Этот анализ позволяет более эффективно оценить полученные результаты при натурных исследованиях, а выявленные зависимости могут служить основой при планировании оптимальных режимов орошения. Полевой эксперимент проводился с растениями рода *Tagetes* (*Tagetes patula* L.) – одними из наиболее популярных цветочных растений в городском озеленении. Взяты для исследования параметры растения отражают как его биометрические показатели, так и декоративность (высота растения, количество цветков и диаметр основного цветка). Результаты обработки полученных данных позволили выявить ряд зависимостей отдельных биометрических показателей от следующих природных факторов: суммы среднесуточных температур воздуха, суммы осадков, суммы дефицитов насыщения и общей облачности. Установлено, что с контролируемыми биометрическими показателями наиболее тесная связь наблюдалась у суммы положительных температур воздуха, суммы осадков, суммы показателей недостатка насыщения влажности воздуха. Аналитическое выражение этого процесса описывается полиномиальными уравнениями второго порядка и подтверждается высокими значениями коэффициента детерминации R^2 . Достоверность полученных экспериментальных данных и выявленных зависимостей подтверждается соответствующими статистическими показателями. В результате проведенных исследований доказано безусловное влияние ряда природных факторов на рост и развитие растений рода *Tagetes* (*Tagetes patula* L.).

Ключевые слова: режимы орошения, биометрические показатели, *Tagetes*, природные факторы, коэффициент регрессии, климатические факторы.

Хорошо известно, что окружающая среда оказывает большое влияние на рост и развитие растений. Это положение в полной мере относится к ряду факторов, которые изучает гидрометеослужба страны. Оценкой взаимосвязи водного режима почв с состоянием растений в урбанизированной среде занимались многие исследователи [1, 2].

Отдельные исследователи полагают, что это воздействие не только многопланово, но и достаточно сложно. Так, Ю.А. Марков (1985) считает, что «определение оптимальных параметров влажности почвы для растений является довольно трудной задачей в связи с одновременным влиянием многочисленных и разнообразных факторов» [3].

Целью данного исследования было изучение влияния комплекса ряда природных факторов на посадки растений рода *Tagetes* [4]. Это впоследствии позволит эффективнее разделять между собой влияние природных и

антропогенных (в основном орошения) факторов.

Исследования проводились в центральной части Тверской области, в избыточно влажной зоне естественного увлажнения (по Д.И. Шашко) [5]. Методика полевого исследования и планирование эксперимента осуществлялось согласно [6].

В процессе проведения полевого эксперимента в течение вегетационного периода у растений регулярно измерялись следующие биометрические показатели:

- высота растения, мм,
- количество цветков, шт.,
- диаметр основного цветка, мм.

Динамика (ход роста) указанных биометрических показателей в течение вегетационного периода 2014 г. (начиная с первого дня посадки) отражена на графике (рисунок).

Аналитическое выражение этого процесса хорошо описывается приведенными

Выборочные показатели хода роста растений на контроле за период роста в 2014 г.
Certain indicators of the progress in the growth of plants under control of the growth period in 2014

Дата замера	Высота растения		Диаметр стебля		Количество цветков		Диаметр основного цветка	
	$x + mt_{m(0,05)}$, мм	$p_{(0,05)}$, %	$x + mt_{m(0,05)}$, мм	$p_{(0,05)}$, %	$x + mt_{m(0,05)}$, шт.	$p_{(0,05)}$, %	$x + mt_{m(0,05)}$, мм	$p_{(0,05)}$, %
01.06.2014	62,17±1,44	2,32	2,42±0,17	7,05	н/д	н/д	н/д	н/д
10.06.2014	99,33±2,06	2,08	2,62±0,12	4,60	н/д	н/д	н/д	н/д
15.06.2014	116,00±2,75	2,37	2,76±0,13	4,89	1,87±0,25	13,63	19,33±4,92	25,45
20.06.2014	154,33±1,88	1,22	3,60±0,15	4,24	3,13±0,23	7,49	25,00±1,96	7,84
25.06.2014	160,33±1,76	1,10	3,70±0,14	3,80	5,43±0,19	3,46	33,67±1,96	5,81
01.07.2014	176,00±1,58	0,90	3,90±0,17	4,33	7,37±0,36	4,89	40,17±1,17	2,91
05.07.2014	198,00±2,67	1,35	4,31±0,14	3,27	11,37±0,50	4,36	46,17±1,17	2,53
10.07.2014	241,33±7,72	3,20	4,71±0,23	4,90	15,67±1,66	10,57	49,17±1,94	3,94
20.07.2014	269,17±7,95	2,95	4,95±0,18	3,61	18,27±0,68	3,72	49,67±1,53	3,08
27.07.2014	282,67±9,36	3,31	5,22±0,14	2,72	19,17±0,89	4,64	50,50±2,03	4,02
01.08.2014	291,33±5,94	2,04	5,63±0,23	4,16	20,10±0,55	2,73	51,17±0,77	1,51
07.08.2014	303,83±9,27	3,05	6,20±0,13	2,15	20,93±0,76	3,63	51,67±0,97	1,88
14.08.2014	313,00±5,27	1,68	6,60±0,16	2,41	23,20±0,78	3,37	52,17±1,11	2,12
21.08.2014	320,67±5,63	1,75	6,84±0,15	2,12	24,53±0,76	3,11	52,83±1,36	2,57
25.08.2014	323,33±5,45	1,68	6,98±0,13	1,91	25,57±1,51	5,90	53,00±1,44	2,71
30.08.2014	329,17±3,40	1,03	7,08±0,12	1,66	26,37±1,34	5,08	53,33±1,61	3,01

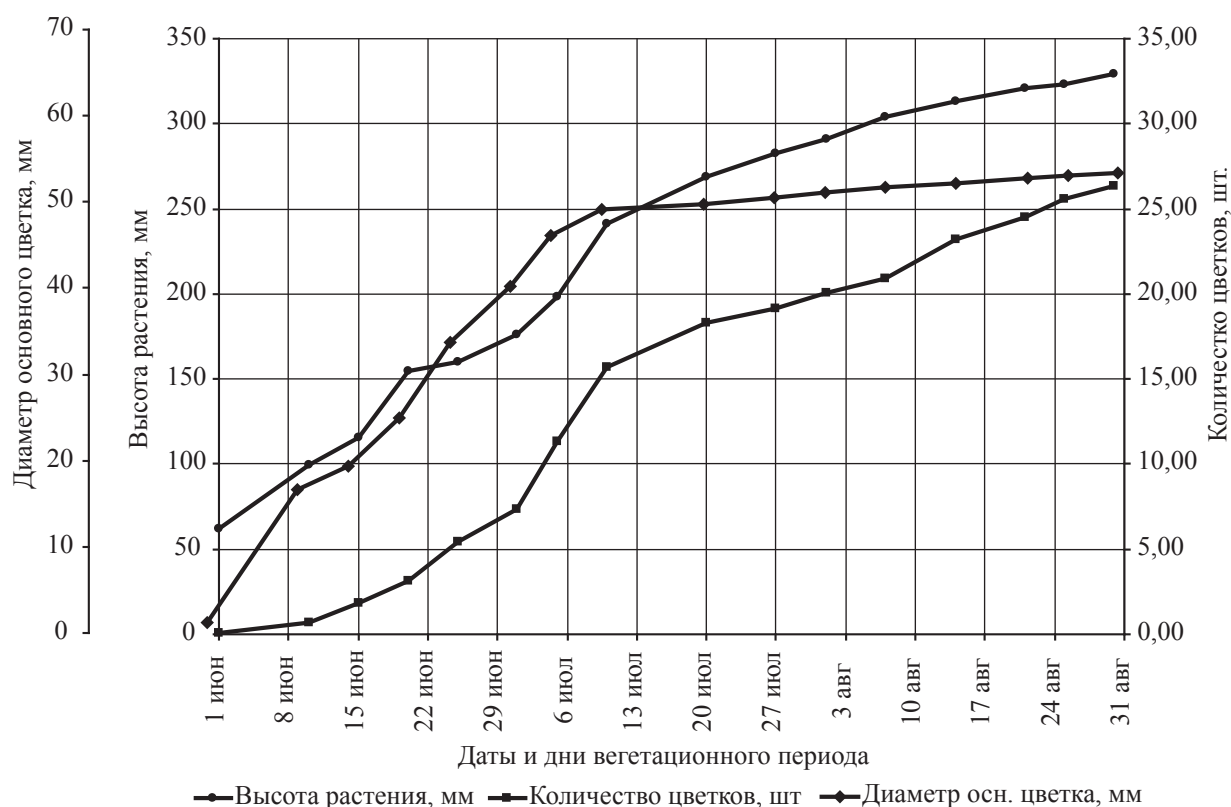


Рисунок. Ход роста и развития растений рода *Tagetes* на контроле в течение части вегетационного периода 2014 г.

Fig. The progress of the growth and development of the plants of the genus *Tagetes* under control during a part of the growing period of 2014

**Показатели значений климатических факторов нарастающим итогом
за различные периоды наблюдений**
The indicators of the values of climatic factors cumulatively for the different periods of observations

Год	Сумма среднесуточных температур воздуха выше 5° С	Сумма осадков, мм	Сумма показателей дефицита насыщения, гПа	Общая облачность, баллы
Вариант I (за период роста)				
2011	1755,5	278,5	732,7	372,0
2012	1579,4	322,2	551,8	349,0
2013	1664,6	153,4	696,3	370,0
2014	1632,5	166,2	862,4	409,0
Вариант II (за период роста плюс 2 недели)				
2011	1978,2	294,9	851,0	431,0
2012	1794,0	365,9	643,7	411,0
2013	1890,0	199,8	764,0	415,0
2014	1909,7	204,1	1023,3	472,0
Вариант III (за период роста плюс 1 месяц)				
2011	2170,5	314,9	945,6	491,0
2012	2001,3	396,4	744,8	473,0
2013	2160,4	208,1	927,8	486,0
2014	2098,9	217,1	1146,4	544,0
Вариант IV (за весь вегетационный период)				
2011	2305,3	316,2	1042,1	563,0
2012	2179,7	444,3	818,4	549,0
2013	2283,7	236,8	1005,6	557,0
2014	2268,2	220,9	1272,8	625,0

ниже полиномиальными уравнениями второго порядка (1–3), что подтверждается высокими значениями коэффициента детерминации R^2 [7, 8]

$$y_1 = -0,027x^2 + 5,546x - 51,795; R^2 = 0,991 \quad (1)$$

$$y_2 = -0,002x^2 + 0,461x - 2,955; R^2 = 0,972 \quad (2)$$

$$y_3 = -0,011x^2 + 1,507x + 2,719; R^2 = 0,974 \quad (3)$$

где y_1 – высота растения, мм,

y_2 – количество цветков, шт.,

y_3 – диаметр основного цветка, мм,

x – продолжительность вегетации, сут.

При обработке материалов исследований на основе планирования эксперимента мы стремились получить материалы с ошибкой в пределах до 5 % при уровне значимости 0,05 (по росту в высоту). Выборочные результаты измерений трех указанных показателей приведены в табл. 1.

Для выявления методов обработки гидрометеорологических материалов, которые могут обеспечить более тесную зависимость между суммой показателей за вегетационный период и конечными показателями хода роста и развития в отдельные годы, был

проведен сравнительный анализ четырех вариантов периода наблюдений:

I) период роста от даты посадки до даты последнего замера;

II) тот же период, но увеличенный на 2 недели;

III) тот же период, но увеличенный на 1 месяц;

IV) от устойчивого перехода суммы положительных температур воздуха ($> 5^\circ \text{C}$) до последнего замера (условно 31 августа).

Для проведения указанного анализа предварительно были обработаны (по указанным выше периодам) материалы гидрометеорологических наблюдений за 2011–2014 гг. (табл. 2).

Для дальнейшего сравнения были получены данные на конец периода роста, т. е., по сути дела, максимальные значения всех анализируемых показателей (табл. 3).

Окончательно решить вопрос о продолжительности периода, отличающегося наибольшей теснотой связи между приведенными показателями, можно по наибольшим

Т а б л и ц а 3

Максимальные показатели роста растений рода *Tagetes* на контроле за 2011–2014 гг.
The maximum growth of plants of the genus *Tagetes* under control during 2011-2014

Максимальные показатели роста	Показатели за годы исследований			
	2011	2012	2013	2014
Высота стебля растения, мм	414,0 ± 5,7* $p = 1,4 \%$	352,5 ± 17,2* $p = 4,9 \%$	340,3 ± 5,9* $p = 1,7 \%$	329,2 ± 3,3* $p = 1,0 \%$
Диаметр стебля, мм	8,8 ± 0,7* $p = 7,9 \%$	5,7 ± 0,2* $p = 3,5 \%$	6,5 ± 0,3* $p = 4,6 \%$	7,1 ± 0,1* $p = 1,4 \%$
Количество цветков, шт.	35,6 ± 3,0* $p = 8,4 \%$	10,1 ± 0,6* $p = 5,9 \%$	23,7 ± 3,7* $p = 15,6 \%$	26,4 ± 1,3* $p = 4,9 \%$
Диаметр основного цветка, мм	55,4 ± 2,4* $p = 4,3 \%$	51,0 ± 1,7* $p = 3,3 \%$	52,7 ± 1,6* $p = 3,0 \%$	53,3 ± 1,5* $p = 2,8 \%$

Примечания: знак * показывает, что результаты эксперимента обработаны при уровне значимости 0,05; точность результатов (р) приведена в % в тех же графах

Т а б л и ц а 4

Показатели тесноты связи природных факторов и хода роста растений
рода *Tagetes* за период 2011–2014 гг. на относительном контроле
The indicators of the tightness of the connection of natural factors and plants growth
of the genus *Tagetes* for 2011-2014 under relative control

Показатели роста	Период обработки метеоданных	Коэффициент парной корреляции r по видам метеоданных			
		Сумма температур более 5° С, °С	Осадки, мм	Сумма показателя недостатка насыщения, гПа	Общая облачность, баллы
Максимальная высота растения, мм	Вариант I	0,78	0,57	–0,14	–0,32
	Вариант II	0,57	0,44	–0,12	–0,25
	Вариант III	0,39	0,43	–0,23	–0,39
	Вариант IV	0,37	0,30	–0,22	–0,42
Максимальный диаметр основного цветка, мм	Вариант I	0,95	–0,14	0,60	0,88
	Вариант II	0,99	–0,30	0,58	0,37
	Вариант III	0,81	–0,30	0,52	0,30
	Вариант IV	0,88	–0,46	0,52	0,23
Максимальное количество цветков, шт.	Вариант I	0,92	–0,32	0,70	0,52
	Вариант II	1,00	–0,47	0,66	0,43
	Вариант III	0,88	–0,48	0,63	0,38
	Вариант IV	0,95	–0,62	0,62	0,32
Максимальный диаметр стебля, мм	Вариант I	0,93	0,00	0,53	0,35
	Вариант II	0,95	–0,16	0,53	0,35
	Вариант III	0,73	–0,17	0,45	0,25
	Вариант IV	0,80	–0,34	0,45	0,19

величинам R^2 , полученным в результате математической обработки 64 матриц исходных данных (табл. 4).

Результаты обработки материалов по контролю за 4 года показали, что лучшие результаты (наиболее тесные связи) были получены по следующим показателям:

- по ходу роста в высоту – для продолжительности периода обработки по варианту I;
- по ходу роста по диаметру – для продолжительности периода обработки по варианту I;
- по количеству цветков – для продолжительности периода обработки по варианту I и II;

Связь биометрических показателей растений рода *Tagetes* с природными факторами

The connection of the indicators of natural factors and of the growth of the genus *Tagetes* plants for 2011-2014 under relative control

Биометрические показатели	Климатические показатели	Уравнения множественной линейной регрессии и коэффициенты детерминации	
Высота растения, мм	сумма температур более 5° С, °С	$y = 1,51x + 1115,10$	$R^2 = 0,60$
	сумма осадков, мм	$y = 1,25x - 220,28$	$R^2 = 0,33$
	общая облачность, баллы	$y = -0,38x + 710,79$	$R^2 = 0,17$
	сумма дефицита насыщения, гПа	$y = -1,01x + 1304,2$	$R^2 = 0,05$
Диаметр стебля, мм	сумма температур более 5° С, °С	$y = 54,99x + 1506,7$	$R^2 = 0,90$
	общая облачность, баллы	$y = 51,77x + 347,11$	$R^2 = 0,28$
	сумма дефицита насыщения, гПа	$y = 6,61x + 328,55$	$R^2 = 0,12$
	сумма осадков, мм	$y = -26,06x + 487,63$	$R^2 = 0,11$
Количество цветков, шт.	сумма дефицита насыщения, гПа	$y = 8,49x + 507,43$	$R^2 = 0,49$
	сумма температур более 5° С, °С	$y = 7,21x + 1720,30$	$R^2 = 0,99$
	общая облачность, баллы	$y = 1,23x + 345,59$	$R^2 = 0,27$
	сумма осадков, мм	$y = -5,96x + 447,26$	$R^2 = 0,38$
Диаметр основного цветка, мм	сумма дефицита насыщения, гПа	$y = 42,47x - 1544,2$	$R^2 = 0,37$
	сумма температур более 5° С, °С	$y = 41,25x - 297,53$	$R^2 = 0,97$
	общая облачность, баллы	$y = 5,71x + 71,955$	$R^2 = 0,17$
	сумма осадков, мм	$y = -25,89x + 1679,3$	$R^2 = 0,21$

• по диаметру основного цветка – для продолжительности периода обработки по варианту I и II;

• по диаметру стебля – для продолжительности периода обработки по варианту I и II;

В связи с указанными результатами при дальнейшей обработке материалов за период эффективного влияния был принят вариант I, т. е. «период роста».

Кроме того, из табл. 4 следует, что наиболее тесная связь наблюдается у показателей связи максимальной высоты и суммы температур более 5° С, максимального диаметра цветка и суммы температур, максимального количества цветков и суммы температур более 5° С, максимального диаметра стебля и суммы температур.

По другим показателям можно отметить связь осадков и высоты, максимального диаметра цветка и суммы показателей недостатка насыщения, максимального количества цветков с суммой температур более 5° С, осадками, суммой недостатка насыщения и общей облачностью.

Максимальный диаметр стебля более надежно связан с суммой температур более 5° С и суммой показателя недостатка насыщения.

Для оценки степени влияния природных факторов на показатели роста растений рода *Tagetes* были использованы коэффициенты регрессии линейных уравнений, которые расположены ниже в порядке убывания степени влияния.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что наши исследования в избыточно увлажненной зоне с растениями рода *Tagetes* подтвердили безусловное влияние ряда природных факторов на рост и развитие этого растения.

При этом наибольшее влияние оказали такие климатические факторы, как сумма положительных температур воздуха, сумма осадков, сумма показателей дефицита насыщения влажности воздуха и в некоторых случаях общая облачность.

Наиболее отзывчивыми показателями роста и развития растений на температуру оказались высота ($r = 0,78$), диаметр стебля ($r = 0,95$), количество цветков (r приближается к 1) и диаметр основного цветка ($r = 0,99$).

На сумму осадков прилично отреагировали высота ($r = 0,57$) и количество цветков ($r = -0,62$).

На дефицит насыщения хорошо отреагировало количество цветков ($r = 0,70$),

средний диаметр стебля ($r = 0,53$) и диаметр основного цветка ($r = 0,60$).

На общую облачность средне отреагировало лишь количество цветков ($r = 0,52$).

Библиографический список

1. Кормилицына, О.В. Оценка водного стресса городских насаждений в зависимости от свойств почв / О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Известия вузов. Лесной журнал. – 2008. – № 1. – С. 7–9.
2. Кормилицына, О.В. Некоторые аспекты расчета водного баланса урбанизированных территорий / О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Известия вузов. Лесной журнал. – 2008. – № 1. – С. 9–14.
3. Марков, Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур / Ю.А. Марков. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1985. – 117 с.
4. Тавлинова, Г.К. Бархатцы / Г.К. Тавлинова. – М.: Центрполиграф, 2004. – 111 с.
5. Шашко, Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Мешалкина, Ю.Л. Математическая статистика в почвоведении: практикум / Ю.Л. Мешалкина, В.П. Самсонова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84 с.
8. Стоноженко, Л.В. Использование MS EXCEL и Statistica for Windows для решения задач лесного хозяйства и лесной промышленности: учеб. пособие / Л.В. Стоноженко, А.Н. Югов, В.Н. Карминов. – М.: МГУЛ, 2010. – 79 с.

THE DEPENDENCE OF THE GROWTH OF ORNAMENTAL PLANTS FROM ENVIRONMENTAL FACTORS

Morozova V.S., gr. MSFU⁽¹⁾

caf-soil@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia;

The determination of the optimal parameters of soil moisture for ornamental plants growing is quite a challenge, as there is a combined effect of a number of natural and anthropogenic factors. The article is devoted to the topical scientific and practical problems of studying environmental parameters, as well as their impact on the cultivated plants. This analysis allows to assess the results obtained in the field research more effectively, and identified relationships can serve as a basis for planning the optimal irrigation schedules. A field experiment was carried out with Tagetes (*Tagetes patula* L.) – one of the most popular flowering plants in urban landscaping. The parameters taken for research reflect both plants' biometric indicators and decorative (plant height, number of flowers and flower diameter core) ones. The results of processing of the data revealed a number of dependencies of individual biometric indicators on the following environmental factors: the amount of the average daily air temperature, amount of rainfall, the amount of saturation deficit and total cloud cover. It was found that the closest relationship to the controlled biometrics was observed in the amount of positive air temperature, amount of precipitation, the amount of performance to lack of saturation humidity. The analytical expression of this process is described by polynomial equations of the second order and confirmed by the high values of the coefficient of determination R^2 . Relevant statistical indicators confirm the validity of the experimental data and identified dependency. The research proved the absolute effect of a number of natural factors on the growth and development of Tagetes (*Tagetes patula* L.).

Keywords: biometrics, Tagetes, natural factors, the regression coefficient, irrigation regimes, climatic factors.

References

1. Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. *Otsenka vodnogo stressa gorodskikh nasazhdeniy v zavisimosti ot svoystv pochv* [Assessment of Water Stress in Municipal Plantations Depending on Soil Properties]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2008, no 1, pp. 7–9.
2. Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. *Nekotorye aspekty rascheta vodnogo balansa urbanizirovannykh territoriy* [Some Aspects of Water Balance Estimation in Urbanized Territories]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2008, no 1, pp. 9–14.
3. Markov Yu.A. *Programma i metodika issledovaniy po orosheniyu plodovykh i yagodnykh kul'tur* [The program and methodology of research on irrigation of horticultural crops]. Mikhurinsk: VNIIS im. I.V. Michurina, 1985, 117 p.
4. Tavlinova G.K. *Barkhaty* [Tagetes]. Moscow: ZAO Tsentrpoligraf, 2004, 111 p.
5. Shashko D.I. *Agroklimaticheskie resursy SSSR* [Agroclimatic resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, 247 p.
6. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology field experience (the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
7. Meshalkina Yu.L., Samsonova V.P. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii: praktikum* [Mathematical statistics in soil science: studies. manual]. Moscow: MAKS Press, 2008, 84 p.
8. Stonozhenko L.V., Yugov A.N., Karminov V.N. *Ispol'zovanie MS EXCEL i Statistica for Windows dlya resheniya zadach lesnogo khozyaistva i lesnoy promyshlennosti* [Using MS EXCEL and Statistica for Windows to solve problems of forestry and forest industry]. Moscow: MGUL, 2010, 79 p.