

DOI

УДК 631.526.325.633.15:579.64

**ЭНДОФИТНЫЕ ШТАММЫ БАКТЕРИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО****М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, В. А. Колесар, Р. М. Сабирова, С. В. Сочнева**

Реферат. Исследования с целью изучения влияния эндофитных штаммов бактерий на формирование растений кукурузы и урожайность зерна проводили в условиях Предкамья Республики Татарстан в 2022–2023 годах. Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая. Эндофитные штаммы бактерий применяли в виде листовой подкормки нормой 1,0 л/га в фазе 7...8 листьев. Закладывали двухфакторный опыт: гибриды (фактор А) – раннеспелые Нур и РОСС-195, среднеранний – Краснодарский-230; препараты эндофитных штаммов бактерий (фактор В) – без применения (контроль), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Консорциум и PS-17 (стандарт). Годы исследований характеризовались как умеренно засушливые. Препараты положительно влияли на высоту растений, надземную массу и площадь листьев, которые определяли в фазы выметывания, формирования початка и молочной спелости. Гибрид Нур положительно отзывался на обработку посевов препаратами KS-25, KS-38 и KS-54, гибрид РОСС-195 – Консорциум, KS-31 и KS-38, Краснодарский-230 – KS-31 и KS-54. Самая высокая в опыте надземная масса в фазе молочной спелости у гибрида Нур отмечена в варианте с KS-38 (48,25 т/га), у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 – с KS-54 (соответственно 67,38 и 58,25 т/га). Наибольшую площадь листьев наблюдали в фазе формирования початков у гибрида Нур при использовании в вариантах KS-31, у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 при обработке препаратом Консорциум. Урожайность зерна гибрида Нур в вариантах с препаратами PS-17, KS-38 и KS-25 увеличилась на 9,6...27,6%, гибрида РОСС-195 при опрыскивании KS-38 и KS – на 15,3...19,7%, гибрида Краснодарский-230 при использовании KS-25, KS-54 и PS-17 – на 9,0...28,1%. Препараты с эндофитными штаммами бактерий увеличивали содержание белка в зерне гибридов на 0,15...0,73%.

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays*), зерно, листовая подкормка, эндофитные штаммы бактерий, гибриды, биометрия, белок.

Введение. Эндофитные бактерии активно входят в сельское хозяйство. Это бактерии, которые получают из внутренних тканей растений. Они положительно влияют на развитие сельскохозяйственных растений, защищают от болезней, не оказывая отрицательного воздействия на само растение [1, 2, 3]. Положительные свойства эндофитных бактерий проявляются в улучшении фосфорного и азотного питания, осмотического давления, развития корневой системы. Фитопатогенная защита эндофитных бактерий очень велика. Они ослабляют отрицательное воздействие фитопатогенов (вирусов, грибов, насекомых, бактерий, нематод), повышают засухоустойчивость, проявляют антистрессовый эффект [4, 5, 6], они могут стать ценными компонентами при создании биопрепаратов для биологической защиты растений [7, 8, 9].

Кукуруза особенно страдает в период весенних заморозков, поэтому применение эндофитных штаммов бактерий, наряду с макро- и микроудобрениями, ускоряет рост проростков кукурузы, общее развитие растения [10, 11], а в последствии повышает урожайность [12, 13, 14]. Эндофитные штаммы бактерий можно применять для обработки посевного материала и проведения листовых подкормок [15, 16, 17].

При возделывании кукурузы важно исключить ее конкуренцию с сорной растительностью. Поэтому обязательно применяют гербициды, многие из которых фитотоксичны. Спорные культуры бактерий в ризосфере растений при инокуляции семян способны

повышать устойчивость кукурузы к гербицидам, а в течение вегетации активизировать протекание фотосинтеза и формирование генеративных органов кукурузы [18, 19, 20].

Поэтому для установления возможности включения эндофитных штаммов бактерий в технологии возделывания сельскохозяйственных культур проводятся исследования в конкретных почвенно-климатических условиях [21].

Цель исследований – изучение влияния новых эндофитных штаммов бактерий на общее развитие кукурузы в течение вегетации, формирование величины и качества урожая зерна кукурузы.

Условия, материалы и методы. Опыты по изучению влияния листовых подкормок эндофитными штаммами бактерий в посевах кукурузы проводили на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ в 2022–2023 годах в четырехкратной повторности. Годы проведения исследований характеризовались умеренно засушливыми погодными условиями. На типичных серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан закладывали полевой опыт, предполагающий изучение следующих вариантов:

гибрид кукурузы (фактор А) – раннеспелые Нур и Росс-195, среднеранний Краснодарский-230;

препарат с эндофитными штаммами бактерий (фактор В) – без препарата (контроль), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Консорциум, PS-17 (стандарт).

На опытном поле общим фоном по всем вариантам вносили минеральные удобрения под предпосевную культивацию в виде азофоски с нормой по физической массе 100 кг/га ($N_{16}P_{16}K_{16}$). Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по Тюрину – 4,4%, подвижных фосфора и калия по Кирсанову – соответственно очень высокое (> 377 мг/кг) и повышенное (124 мг/кг). Возделывание кукурузы проводили на основе общепринятой технологии для Республики Татарстан [22, 23, 24].

Препараты вносили опрыскиванием в фазе 7...8 листьев кукурузы с нормой расхода 1,0 л/га. Ростовые показатели культуры учитывали в фазы выметывания, формирования початков, молочной спелости. Высоту растений, надземную массу и площадь листьев определяли по 10 типичным растениям. Биометрические показатели учитывали в фазе полной спелости по десяти початкам, взятым по диагонали с каждой повторности. Биологическую урожайность учитывали по анализу растений, взятых с 1 м². Массовую долю белка, в пересчете на сухое вещество, определяли по ГОСТ 10846-91.

Результаты и обсуждение. Включение в технологию возделывания кукурузы на зерно листовых подкормок эндофитными штаммами бактерий в фазе 7...8 листьев в условиях Предкамья Республики Татарстан благоприятно повлияло на ростовые показатели изучаемых гибридов (табл. 1). Отмечено положительное влияние листовых подкормок на высоту растений в фазе выметывания у гибрида Нур от препаратов KS-38 (прибавка составила 10,8 см), KS-54 (2,2 см) и PS-17 (4,2 см). При учете высоты растений в фазе выметывания у гибрида РОСС-195 значения этого показателя были выше в варианте с обработкой препаратом Консорциум на 10,0 см, по сравнению с контрольным вариантом. Наибольший эффект от применения изучаемых препаратов в посевах гибрида Краснодарский-230 был отмечен в вариантах с препаратами KS-54 (+27,3 см), Консорциум (+12,7 см), стандартный препарат и KS-38 (+0,5 см). В фазе формирования початков высота растений гибрида Нур была больше контроля по всем изучаемым вариантам. Обработки препаратами KS-38 и Консорциум оказывали наибольший положительный эффект на посевах гибрида РОСС-195. Прибавка высоты растений, по сравнению с контрольным вариантом, составила 16,6 и 8,0 см. А у гибрида Краснодарский-230 самые высокие растения отмечены в вариантах KS-54 и Консорциум – 190,0 и 178,3 см, соответственно, что выше варианта без обработок на 27,7 и 16,0 см. В фазе молочной спелости зерна наибольшая высота растений была зафиксирована у гибрида Нур в варианте KS-25 (146,3 см), у гибрида РОСС-195 в варианте KS-38 (192,0 см) и у гибрида Краснодарский-230 в варианте KS-54 (192,7 см). В этой фазе не

было отмечено увеличения высоты растений от применения препаратов KS-31, KS-38 и KS-54 у гибрида Нур, от препаратов KS-54 и PS-17 – у гибрида РОСС-195 и от препаратов KS-25, KS-38 и PS-17 – у гибрида Краснодарский-230.

На формирование надземной массы гибридами кукурузы наибольшее в опыте влияние в начальные фазы развития оказывали препараты KS-25, KS-38 и Консорциум у гибрида Нур (+1,31, +0,75 и +1,13 т/га, соответственно в сравнении с контрольным вариантом). У гибрида РОСС-195 особенно выделились варианты с применением препаратов KS-31, KS-38, Консорциум и PS-17. Прибавка от применения препаратов составила 3,18, 4,22, 8,34 и 5,25 т/га, соответственно. В фазе молочной спелости зерна наибольшая надземная масса по гибридам была сформирована в вариантах KS-38 у гибрида Нур, KS-54 – у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230.

Обработка посевов кукурузы препаратами с эндофитными штаммами бактерий приводила к увеличению площади листьев в фазе выметывания. Увеличения площади листьев не происходило у гибрида Нур только при обработке стандартным препаратом, у гибрида РОСС-195 – в вариантах Консорциум и PS-17, а у гибрида Краснодарский-230 – в вариантах KS-38, KS-54 и Консорциум. В фазе формирования початков у гибридов Нур, РОСС-195 и Краснодарский-230 площадь листьев увеличивалась, в сравнении с контролем, во всех исследуемых вариантах.

Отмечена положительная тенденция изменений в элементах структуры урожая изучаемых гибридов кукурузы (табл. 2). Длина початков в среднем по гибридам увеличилась на 1,18 см у гибрида Нур, на 0,60 см – у гибрида РОСС-195 и на 0,82 см – у гибрида Краснодарский-230.

Обработка препаратами KS-38 и KS-54 привела к небольшому увеличению длины невыполненной части початка. На количество рядов зерен в початке обработка эндофитными штаммами бактерий практически не оказывала влияния. При анализе элементов структуры урожая отмечена положительная корреляция между длиной початков и количеством зерен в ряду. Такая тенденция отмечена при обработке препаратами KS-31 у гибрида Нур, KS-25 и KS-38 – у гибрида РОСС-195. Положительного влияния на озерненность початков при применении эндофитных штаммов бактерий на кукурузе отмечено не было. Масса початков увеличивалась у гибрида Нур, в сравнении с контролем, в вариантах KS-25 (+14,3 г), KS-31 (+20,1 г) и PS-17 (+29,6 г). У гибрида РОСС-195 наибольшая масса початков отмечена в вариантах с препаратами KS-25 (225,5 г), KS-38 (237,4 г). У гибрида Краснодарский-230 при обработке препаратами KS-38 и PS-17 была отмечена наибольшая масса початков (229,7 и 235,5 г, соответственно).

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Вследствие увеличения массы початка произошло увеличение и массы зерна с початка в этих же вариантах. Наибольшая масса зерна с початка была зафиксирована в вариантах PS-17 у гибрида Краснодарский-230 186,0 г и у гибрида РОСС-195 в варианте KS-38 180,8 г.

Увеличение массы 1000 зерен произошло в вариантах KS-25 (+26 г), KS-31 (+27,2 г), KS-54 (+19,2 г), Консорциум (+10,4 г) и PS-17 (+25,6 г) у гибрида Нур, по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1 – Ростовые показатели гибридов кукурузы (среднее за 2022–2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Показатель		
		высота растений, см	надземная масса, т/га	площадь листь- ев, тыс. м ² /га
1	2	3	4	5
Фаза выметывания				
Нур	Контроль	118,3	20,53	23,18
	KS-25	116,4	21,84	31,71
	KS-31	109,8	16,88	24,21
	KS-38	129,1	21,28	28,80
	KS-54	120,5	18,19	23,75
	Консорциум	118,3	21,66	28,54
	PS-17	122,5	18,28	20,13
	среднее	119,3	19,81	25,76
РОСС-195	Контроль	96,4	19,41	34,05
	KS-25	79,8	18,47	29,13
	KS-31	86,1	22,59	30,03
	KS-38	82,8	23,63	36,93
	KS-54	79,8	17,81	24,35
	Консорциум	106,4	27,75	34,74
	PS-17	94,8	24,66	35,76
	среднее	89,4	22,05	32,14
Краснодарский-230	Контроль	75,8	16,41	22,83
	KS-25	71,1	14,16	22,45
	KS-31	69,0	14,44	20,82
	KS-38	76,3	19,22	29,12
	KS-54	103,1	24,47	35,16
	Консорциум	88,5	22,97	32,68
	PS-17	76,3	16,31	20,85
	среднее	80,0	18,28	26,27
Среднее	Контроль	96,8	18,78	26,69
	KS-25	89,1	18,16	27,76
	KS-31	88,3	17,97	25,02
	KS-38	96,1	21,38	31,62
	KS-54	101,1	20,16	27,75
	Консорциум	104,4	24,13	31,99
	PS-17	97,9	19,75	25,58
	среднее	96,2	20,05	28,06
НСП ₀₅ А		11,5	2,38	3,37
НСП ₀₅ В		9,6	2,06	2,92
НСП ₀₅ АВ		19,9	4,13	5,84
Фаза формирования початков				
Нур	Контроль	123,7	36,75	23,94
	KS-25	144,7	33,13	29,92
	KS-31	138,3	39,13	32,42
	KS-38	139,7	35,13	25,51
	KS-54	137,3	32,75	26,27
	Консорциум	132,0	30,75	30,91
	PS-17	131,3	26,88	32,05
	среднее	135,3	33,50	28,72
РОСС-195	Контроль	172,7	40,25	36,51
	KS-25	171,7	25,13	47,90
	KS-31	175,7	52,63	46,94
	KS-38	189,3	47,25	46,61
	KS-54	164,7	56,13	39,31
	Консорциум	180,7	47,50	51,99
	PS-17	172,0	46,00	39,53
	среднее	175,3	44,98	44,11

1	2	3	4	5
Краснодарский-230	Контроль	162,3	37,75	38,56
	KS-25	162,7	41,38	43,89
	KS-31	165,3	49,13	49,65
	KS-38	158,7	42,38	43,92
	KS-54	190,0	49,13	44,56
	Консорциум	178,3	44,50	49,76
	PS-17	157,7	35,25	37,73
	среднее	167,9	42,79	44,01
Среднее	Контроль	152,9	38,25	33,00
	KS-25	159,7	33,21	40,57
	KS-31	159,8	46,96	43,00
	KS-38	162,6	41,59	38,68
	KS-54	164,0	46,00	36,71
	Консорциум	163,7	40,92	44,22
	PS-17	153,7	36,04	36,44
	среднее	159,5	40,43	38,95
НСП ₀₅ А		15,6	5,22	5,18
НСП ₀₅ В		13,5	4,52	4,49
НСП ₀₅ АВ		27,1	9,04	8,98
Фаза молочной спелости				
Нур	Контроль	143,0	41,75	24,39
	KS-25	146,3	39,25	21,53
	KS-31	140,3	42,88	25,58
	KS-38	142,7	48,25	25,81
	KS-54	142,3	37,63	25,22
	Консорциум	133,7	42,75	19,38
	PS-17	133,3	38,00	16,47
	среднее	140,2	41,50	22,63
РОСС-195	Контроль	175,0	42,00	27,12
	KS-25	180,0	50,13	34,23
	KS-31	179,7	55,75	36,99
	KS-38	192,0	66,75	38,28
	KS-54	166,7	67,38	33,18
	Консорциум	186,3	49,38	30,68
	PS-17	174,7	54,38	38,45
	среднее	179,2	55,11	34,13
Краснодарский-230	Контроль	164,7	45,88	31,76
	KS-25	163,3	57,00	35,22
	KS-31	167,7	50,75	34,26
	KS-38	160,3	45,00	31,61
	KS-54	192,7	58,25	33,91
	Консорциум	181,7	56,00	25,53
	PS-17	163,3	38,13	31,31
	среднее	170,5	50,14	31,94
Среднее	Контроль	160,9	43,21	27,76
	KS-25	163,2	48,79	30,33
	KS-31	162,6	49,79	32,28
	KS-38	165,0	53,33	31,90
	KS-54	167,2	54,42	30,77
	Консорциум	167,2	49,38	25,20
	PS-17	157,1	43,50	28,74
	среднее	163,3	48,92	29,57
НСП ₀₅ А		24,5	6,38	4,24
НСП ₀₅ В		21,2	5,52	3,67
НСП ₀₅ АВ		42,4	11,04	7,35

У гибрида РОСС-195 наибольшая масса 1000 зерен была получена в варианте KS-38 – 382,6 г, что больше контрольного

варианта на 42,9 г. У гибрида Краснодарский-230 наибольшая масса 1000 зерен была отмечена в варианте KS-54 – 419,6 г.

Таблица 2 – Элементы структуры урожая гибридов кукурузы (среднее за 2022–2023 года)

Вариант*	Длина початка, см	Длина невыполненной части початка, см	Кол-во рядов зерен в початке, шт.	Кол-во зерен в ряду, шт.	Озерненность початка, шт.	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Выход зерна с початка, %	Масса 1000 зерен, г
Гибрид Нур									
1	15,3	1,3	12,9	30,9	400,8	159,5	128,0	80,5	335,6
2	15,8	0,3	13,3	30,7	408,1	173,8	136,3	78,3	361,6
3	16,9	1,1	13,5	31,5	428,9	179,6	143,3	80,1	362,8
4	16,5	1,5	12,8	28,4	358,4	136,6	111,4	81,6	334,8
5	16,9	1,9	12,3	29,0	357,4	150,5	124,2	84,8	354,8
6	16,2	2,6	13,0	24,9	325,2	140,3	118,5	84,0	346,0
7	16,6	1,7	14,4	33,3	487,2	189,1	157,1	82,6	361,2
Среднее	16,3	1,5	13,2	29,8	395,1	161,3	131,3	81,7	351,0
Гибрид РОСС-195									
1	18,5	3,6	16,0	33,7	538,6	214,6	170,2	79,2	339,7
2	19,5	2,9	16,2	34,2	553,2	225,5	176,4	78,3	341,5
3	18,0	3,5	15,7	31,9	498,7	179,5	137,3	76,7	335,2
4	19,8	4,5	15,1	35,5	532,8	237,4	180,8	76,4	382,6
5	19,7	3,5	15,9	32,1	506,3	214,6	176,3	82,2	366,8
6	18,6	3,5	15,2	30,4	464,0	177,9	147,3	86,5	312,1
7	16,5	2,6	15,0	28,9	430,6	162,6	126,5	78,3	319,8
Среднее	18,7	3,4	15,6	32,4	503,5	201,7	159,3	79,7	342,5
Гибрид Краснодарский-230									
1	17,3	2,3	15,0	34,6	518,2	200,7	149,7	74,2	349,2
2	15,4	2,2	15,2	31,7	480,6	193,8	146,0	75,8	316,8
3	16,8	2,1	15,6	29,1	459,4	161,7	124,6	77,0	341,6
4	19,5	2,3	14,2	34,5	487,6	229,7	152,4	68,4	356,1
5	15,7	3,9	14,3	21,9	318,0	211,2	153,7	73,4	419,6
6	17,8	2,3	14,6	30,6	446,7	183,0	142,9	78,1	330,7
7	19,5	3,3	14,7	31,4	453,9	235,5	186,0	79,0	396,0
Среднее	17,4	2,6	14,8	30,5	452,1	202,2	150,8	75,1	358,6
Среднее									
1	17,0	2,4	14,6	33,1	485,9	191,6	149,3	78,0	341,5
2	16,9	1,8	14,9	32,2	480,6	197,7	152,9	77,5	340,0
3	17,2	2,2	14,9	30,8	462,3	173,6	135,1	77,9	346,5
4	18,6	2,8	14,0	32,8	459,6	201,2	148,2	75,5	357,8
5	17,4	3,1	14,2	27,7	393,9	192,1	151,4	80,1	380,4
6	17,5	2,8	14,3	28,6	412,0	167,1	136,2	82,9	329,6
7	17,5	2,5	14,7	31,2	457,2	195,7	156,5	80,0	359,0
Среднее	17,5	2,5	14,5	30,9	450,2	188,4	147,1	78,8	350,7
НСР ₀₅ А	1,8	0,4	1,7	3,7	65,4	28,4	16,4	8,3	46,4
НСР ₀₅ В	1,6	0,3	1,5	3,2	56,7	24,6	14,2	7,2	40,2
НСР ₀₅ АВ	3,2	0,6	3,0	6,4	113,4	49,2	28,4	14,3	80,3

* 1 – без препаратов, 2 – KS-25, 3 – KS-31, 4 – KS-38, 5 – KS-54, 6 – Консорциум, 7 – PS-17

Включение эндофитных штаммов бактерий в технологию возделывания кукурузы по-разному влияло на формирование урожайности зерна (табл. 3). Отмечены варианты, где происходило увеличение урожайности, и были

варианты, где урожайность зерна была ниже контрольного варианта. У гибрида Нур наибольшая урожайность зерна сформировалась в варианте KS-25. Прибавка урожайности от опрыскивания этим препаратом составила

1,50 т/га. Прибавка урожайности при выращивании гибрида Нур была выявлена также в вариантах KS-31 (+0,71 т/га), KS-54 (+0,16 т/га) и PS-17 (+0,52 т/га). Не отмечено увеличения урожайности зерна кукурузы при обработке посевов в фазе 7...8 листьев препаратами KS-38 и Консорциум. Урожайность увеличивалась на 20 % при возделывании гибрида РОСС-195 и обработке препаратом KS-25. Урожайность зерна в этом варианте составила 7,77 т/га. Высокий уровень урожайности также сформировался в варианте KS-38. Прибавка урожайности от применения препарата здесь составила 0,99 т/га. В оставшихся

вариантах урожайность была ниже контрольного варианта. Наибольшая урожайность зерна при выращивании гибрида Краснодарский-230 отмечена в варианте со стандартным препаратом – 7,39 т/га (прибавка урожайности 1,62 т/га). От опрыскивания кукурузы препаратом KS-54 урожайность зерна гибрида Краснодарский-230 увеличивалась на 24%, по сравнению с контрольным вариантом. Также прибавка урожайности зерна у этого гибрида была выявлена при опрыскивании препаратом KS-25 (+0,52 т/га). В остальных вариантах увеличения урожайности не происходило.

Таблица 3 – Урожайность кукурузы на зерно, т/га (среднее за 2022–2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га
Нур	Контроль	5,44	-
	KS-25	6,94	1,50
	KS-31	6,15	0,71
	KS-38	3,63	-1,81
	KS-54	5,60	0,16
	Консорциум	3,54	-1,90
	PS-17	5,96	0,52
	среднее	5,32	-0,12
РОСС-195	Контроль	6,49	-
	KS-25	7,77	1,28
	KS-31	4,90	-1,59
	KS-38	7,48	0,99
	KS-54	5,89	-0,60
	Консорциум	5,26	-1,23
	PS-17	4,44	-2,05
	среднее	6,03	-0,46
Краснодарский-230	Контроль	5,77	-
	KS-25	6,29	0,52
	KS-31	4,79	-0,98
	KS-38	4,20	-1,57
	KS-54	7,15	1,38
	Консорциум	3,90	-1,87
	PS-17	7,39	1,62
	среднее	5,64	-0,13
Среднее	Контроль	5,90	-
	KS-25	7,00	1,10
	KS-31	5,28	-0,62
	KS-38	5,10	-0,80
	KS-54	6,21	0,31
	Консорциум	4,23	-1,67
	PS-17	5,93	0,03
	среднее	5,67	-0,23
НСР ₀₅ А		0,67	
НСР ₀₅ В		0,58	
НСР ₀₅ АВ		1,15	

Опрыскивание препаратами с эндофитными штаммами бактерий увеличивало содержание белка в зерне кукурузы (табл. 4). Если в контрольном варианте в зерне гибрида Нур содержание белка составляло 11,8%, то от проведения опрыскивания значения показателя увеличились на 0,4...1,1%. Наибольшее увеличение содержания белка в зерне, по сравнению с контролем, отмечено в варианте

KS-25. Содержание белка здесь составило 12,9%, против 11,8% в контрольном варианте. Меньше контроля содержание белка отмечено в вариантах KS-38 и PS-17. В зерне гибрида РОСС-195 содержание белка увеличивалось во всех вариантах с применением эндофитных штаммов бактерий на 0,5...1,5% при наибольшем значении в варианте KS-38 – 11,3% против 9,8% в контрольном варианте. У гибрида

Краснодарский-230 также отмечено увеличение содержания белка в зерне при опрыскивании препаратами с эндофитными штаммами

бактерий. Наименьшее содержание белка зафиксировано в варианте Консорциум – 10,3%, наибольшее – в варианте KS-54 – 11,2%.

Таблица 4 – Содержание белка в зерне кукурузы, % (среднее за 2022-2023 года)

Гибрид (фактор А)	Препарат (фактор В)	Содержание белка, %	+/- к контролю
Нур	Контроль	11,8	-
	KS-25	12,9	+1,1
	KS-31	12,6	+0,8
	KS-38	11,3	-0,5
	KS-54	12,2	+0,4
	Консорциум	12,4	+0,6
	PS-17	10,3	-1,5
	Среднее	11,9	
РОСС-195	Контроль	9,8	-
	KS-25	10,9	+1,1
	KS-31	9,8	0
	KS-38	11,3	+1,5
	KS-54	10,3	+0,5
	Консорциум	10,5	+0,7
	PS-17	10,4	+0,6
	Среднее	10,4	
Краснодарский-230	Контроль	10,4	-
	KS-25	10,7	+0,3
	KS-31	10,4	0
	KS-38	10,9	+0,5
	KS-54	11,2	+0,8
	Консорциум	10,3	-0,1
	PS-17	10,6	+0,2
	Среднее	10,6	
Среднее	Контроль	10,7	-
	KS-25	11,5	0,8
	KS-31	10,9	0,3
	KS-38	11,2	0,5
	KS-54	11,2	0,6
	Консорциум	11,1	0,4
	PS-17	10,4	-0,2
	Среднее	11,0	
НCP ₀₅ А		1,2	
НCP ₀₅ В		1,0	
НCP ₀₅ АВ		2,0	

Выводы. Применение новых перспективных препаратов на основе эндофитных штаммов бактерий в посевах гибридов кукурузы путем опрыскивания в фазе 7...8 листьев оказывает положительное влияние на рост, развитие, биометрические показатели, урожайность зерна и содержание белка. Линейное нарастание общего габитуса гибрида кукурузы Нур лучше происходило при обработке препаратами KS-25, KS-38 и KS-54; гибрида РОСС-195 – Консорциум, KS-31 и KS-38, гибрида Краснодарский-230 – KS-31 и KS-54. В фазе молочной спелости зерна самая высокая надземная масса гибрида Нур отмечена в варианте с KS-38 (48,25 т/га), у гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 – с KS-54 (67,38 т/га 58,25 т/га). Наибольшая площадь листьев гибрида Нур зафиксирована в фазе формирования початков при использовании KS-31,

гибридов РОСС-195 и Краснодарский-230 – Консорциум.

Применение препаратов с эндофитными штаммами бактерий приводит к увеличению общей длины початков на 0,60...1,18 см, но не оказывает влияния на число рядов зерен в початках и их озерненность. Отмечена положительная связь между длиной початка и количеством зерен в ряду. Масса початков масса зерна с початка увеличиваются при обработке посевов препаратами KS-25 и KS-38. Урожайность гибрида Нур в варианте с KS-54 возрастает, по сравнению с контролем, на 2,9 %, PS-17 – на 9,6 %, KS-31 – на 13,1 %, KS-25 – на 27,6 %. У гибрида РОСС-195 при опрыскивании препаратом KS-38 прибавка составила 15,3%, KS-25 – 19,7 %, у гибрида Краснодарский-230 в варианте с KS-25 – 9,0 %, KS-54 – 24,0 %, PS-17 – 28,1%. Препараты с

эндофитными штаммами бактерий способствовали повышению содержания белка в зерне гибрида кукурузы Нур на 0,15%, РОСС-195 – на 0,73%, Краснодарский-230 – на 0,28%.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР №123031400113-5 при финансовой поддержке Минсельхоза России.

Литература

1. Эндобитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие / В. К. Чеботарь, А. В. Щербаков, Е. Н. Щербакова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 648–654. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.648rus.
2. Штаммы бактерий из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР, обладающие ростстимулирующей активностью в отношении растений озимой пшеницы / А.М. Асатулова, Н.С. Томашевич, В.М. Дубяга и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 21–27.
3. Ростстимулирующие, антиоксидантные и фунгицидные свойства эндобитных бактерий *Bacillus thuringiensis* на картофеле при заражении ризоктониозом / В.С. Масленникова, В.П. Цветкова, Е.В. Бедарева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 7. С. 49–55.
4. Изучение влияния эндобитных бактерий рода *Bacillus* на рост и стрессоустойчивость проростков яровой пшеницы и сои / Г. Х. Шаймуллина, Р. И. Сафин, О. А. Егорова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 4 (72). С. 53–59.
5. Курамшина З. М., Хайруллин Р. М. Повышение устойчивости растений к засухе с помощью эндобитных штаммов *Bacillus subtilis* // Физиология растений. 2023. Т. 70. № 3. С. 259–268. doi: 10.31857/S0015330322600760.
6. Гырнец Е.Ю., Асатулова А.М. Изучение полифункциональных свойств перспективных бактериальных агентов в отношении фитобитов и возбудителей болезней плодового ценоза // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 39–45.
7. Сафин Р. И. Особенности эндобитных бактерий и их использование в биологической защите растений // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 248–254.
8. Effect of phenotypic variation on biological properties of endophytic bacteria *Bacillus mojavensis* PS17 / R. G. C. Diabankana, Sh. Z. Validov, A. B. Vyshtakalyuket, et al. // Biology. 2022. Vol. 11. No. 9. P. 1305. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138785/> (дата обращения: 13.09.2024). doi: 10.3390/biology11091305.
9. Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н., Арсланов А. И. Влияние перспективных штаммов эндобитных бактерий на содержание сырого жира и валовой сбор растительного масла различных гибридов подсолнечника // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 274–281.
10. Куликова, А. Х. Влияние цеолита и удобрений на его основе на урожайность кукурузы и баланс элементов питания в черноземе выщелоченном под ее посевами / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, М. С. Черкасов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 69–75. doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75.
11. Якомаскин, С. С. Минеральное питание как основа физиологических процессов, происходящих в растениях / С. С. Якомаскин, В. И. Каргин, А. А. Зубарев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 36–40. doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.
12. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 1 (73). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.
13. Занилов А. Х., Лешкенов А. М., Конова С. Р. Влияние предпосевного обогащения почвы микроорганизмами на урожайность зерна кукурузы на фоне органо-минеральных систем удобрения // Почвы и окружающая среда: Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 02–06 октября 2023 года. Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 2023. С. 271–275.
14. Potential of corn hybrids of universal use / M. Yu. Mikhailova, R. V. Minikaev, F. Sh. Faskhutdinov, et al. // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 52. P. 00085. URL: https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf (дата обращения: 13.09.2024). doi: 10.1051/bioconf/20225200085.
15. Перспективы повышения биологической активности биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* и наноконструктов хитозана (Обзор) / Л. Г. Яруллина, Ж. Н. Калацкая, Е. А. Черепанова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. № 5. С. 427–439. doi: 10.31857/S0555109923050185.
16. Эндобитные бактерии как агенты для биоцидидов нового поколения (обзор) / И. В. Максимов, Т. И. Максимова, Е. Р. Сарварова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2018. Т. 54. № 2. С. 134–148. doi: 10.7868/S0555109918020034.
17. Шабатуков А. Х., Хромова Л. М. Биологический контроль болезней кукурузы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Вестник АПК Ставрополья. 2019. № 3(35). С. 78–82. doi: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-78-82.
18. Круглов Ю. В., Лисина Т. О., Андронов Е. Е. *Bacillus megaterium* 501rif как антидот гербицида прометрина в посевах овса и кукурузы // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 481–488. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.481rus.
19. Перспективные свойства *Bacillus Thuringiensis* и направления их использования для защиты растений / Р. М. Хайруллин, А. В. Сорокань, В. Ф. Габдрахманова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. № 4. С. 337–354. doi: 10.31857/S0555109923040074.
20. Сидорова Т. М., Асатулова А. М., Аллахвердян В. В. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacil-*

lus по отношению к токсигенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4 (61). С. 86–103. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103.

21. Влияние кратности обработок картофеля эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* на содержание пигментов в листьях, продуктивность и устойчивость к болезням / Л. И. Пусенкова, С. Р. Гарипова, К. А. Федорова, М. А. Дедова // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 10. С. 11-17. – doi: 10.53859/02352451_2022_36_10_11.

22. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9–11.

23. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1 (73). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

24. Агротехнологии технических культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев и др. // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том 1. Часть 2. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. С. 178–250.

Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Миникаев Рогать Вагизович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения, e-mail: ragat@mail.ru

Колесар Валерия Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общего земледелия и защиты растений, e-mail: klerochka@gmail.com

Сабирова Рафина Мавлетгараевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия и защиты растений, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru

Сочнева Светлана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастры, e-mail: sochneva.sv1@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

ENDOPHYTIC STRAINS OF BACTERIA IN THE TECHNOLOGY OF CORN CULTIVATION FOR GRAIN

M. Yu. Mikhaylova, R. V. Minikaev, V. A. Kolesar, R. M. Sabirova, S. V. Sochneva

Abstract. The study of the effect of endophytic bacterial strains on the formation of the general habitus of the corn plant during the growing season, as well as the effect on grain yield, was carried out in the conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan in 2022-2023. The soil of the experimental site was represented by a subtype of gray forest, the variety was heavy loamy. Endophytic bacterial strains were used in corn crops in the form of leaf dressing with a rate of 1.0 l/ha during the growing season in the 7-8 leaf phase. The technology of cultivation of corn for grain was generally accepted for the Republic of Tatarstan. A two-factor experiment was laid: hybrids (factor A) - early maturing Nur and ROSS-195, mid-early – Krasnodarskiy-230; preparations of endophytic bacterial strains (factor B) - without application (control), KS-25, KS-31, KS-38, KS-54, Consortium and PS-17 (standard). The years of research were characterized as moderately arid in terms of climatic conditions. The preparations had a positive effect on the height of plants, above-ground mass and leaf area, which were determined in the phases of panicle formation, cob formation and milk ripeness. The Nur hybrid responded positively to the treatment of crops with preparations KS-25, KS-38 and KS-54, the ROSS-195 hybrid - Consortium, KS-31 and KS-38, Krasnodarskiy-230 - KS-31 and KS-54. The highest aboveground mass in the experiment in the milk ripeness phase of the Nur hybrid was noted in the variant with KS-38 (48.25 t/ha), in the ROSS-195 and Krasnodarskiy-230 hybrids – with KS-54 (67.38 and 58.25 t/ha, respectively). The largest leaf area was observed in the cob formation phase of the Nur hybrid when used in the KS-31 variants, in the ROSS-195 and Krasnodarskiy-230 hybrids when treated with the Consortium preparation. The grain yield of the Nur hybrid in variants with the PS-17, KS-38 and KS-25 preparations increased by 9.6...27.6%, the ROSS-195 hybrid when sprayed with KS-38 and KS – by 15.3...19.7%, the Krasnodarskiy-230 hybrid when using KS-25, KS-54 and PS-17 – by 9.0...28.1%. Preparations with endophytic bacterial strains increased the protein content in the hybrid grain by 0.15...0.73%.

Key words: corn (*Zea mays*), grain, leaf dressing, endophytic bacterial strains, hybrids, biometrics, protein.

References

1. Chebotar VK, Shcherbakov AV, Shcherbakova EN. [Endophytic bacteria as a promising biotechnological resource and their diversity]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya*. 2015; Vol.50. 5. 648-654 p. doi: 10.15389/agrobiologia.2015.5.648rus.

2. Asaturova AM, Tomashevich NS, Dubyaga VM. [Bacterial strains from the bioresource collection of Federal Scientific Center for Biotechnology of Plant Protection, possessing growth-stimulating activity in relation to winter wheat plants]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 5. 21-27 p.

3. Maslennikova VS, Tsvetkova VP, Bedareva EV. [Growth-promoting, antioxidant and fungicidal properties of endophytic bacteria *Bacillus thuringiensis* on potatoes infected with rhizoctonia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022; Vol.36. 7. 49-55 p.

4. Shaymullina GK, Safin RI, Egorova OA. [Study of the influence of endophytic bacteria of the genus *Bacillus* on the growth and stress resistance of spring wheat and soybean seedlings]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 4 (72). 53-59 p.

5. Kuramshina ZM, Khayrullin RM. [Increasing plant resistance to drought using endophytic strains of *Bacillus subtilis*]. *Fiziologiya rasteniy*. 2023; Vol.70. 3. 259-268 p. doi: 10.31857/S0015330322600760.

6. Gyrmets EYu, Asaturova AM. [Study of the polyfunctional properties of promising bacterial agents in relation to phytophages and pathogens of fruit cenosis]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 5. 39-45 p.

7. Safin RI. [Features of endophytic bacteria and their use in biological plant protection]. *Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispolzovaniem genomnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiyskoy*

nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan, 26-27 oktyabrya 2022 goda. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. 2022; 248-254 p.

8. Diabankana RGC, Validov ShZ, Vyshtakalyuket AB. Effect of phenotypic variation on biological properties of endophytic bacteria *Bacillus mojavensis* PS17. [Internet]. *Biology*. 2022; Vol.11. 9. 1305 p. [cited 2024, September 13]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138785/>. doi: 10.3390/biology11091305.

9. Suleymanov SR, Safiollin FN, Arslanov AI. [Effect of promising strains of endophytic bacteria on the content of crude fat and gross yield of vegetable oil of various sunflower hybrids]. *Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispolzovaniem genomnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Kazan, 26-27 oktyabrya 2022 goda. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. 2022; 274-281 p.

10. Kulikova AKh, Karpov AV, Cherkasov MS. [Effect of zeolite and fertilizers based on it on corn yield and nutrient balance in leached chernozem under its crops]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2023; 2(62). 69-75 p. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75.

11. Yakomaskin SS, Kargin VI, Zubarev AA. [Mineral nutrition as the basis of physiological processes occurring in plants]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2023; 2(62). 36-40 p. doi 10.18286/1816-4501-2023-2-36-42.

12. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs in maize]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 1(73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

13. Zanirov AKh, Leshkenov AM, Konova SR. [Effect of pre-sowing enrichment of soil with microorganisms on the yield of corn grain against the background of organo-mineral fertilization systems. *Soils and the environment: All-Russian scientific conference with International participation dedicated to the 55th anniversary of Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*, Novosibirsk, October 02-06, 2023]. Novosibirsk: Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie nauki Institut pochvovedeniya i agrokhimii Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoy akademii nauk. 2023; 271-275 p.

14. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Faskhutdinov FSh. Potential of corn hybrids of universal use. [Internet]. *BIO Web of Conferences*. 2022; Vol.52. 00085 p. [cited 2024, September 13]. Available from: https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf. doi: 10.1051/bioconf/20225200085.

15. Yarullina LG, Kalatskaya ZhN, Cherepanova EA. [Prospects for enhancement of biological activity of bio-preparations based on *Bacillus* bacteria and chitosan nanocomposites (review)]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2023; Vol.59. 5. 427-439 p. doi: 10.31857/S0555109923050185.

16. Maksimov IV, Maksimova TI, Sarvarova ER. [Endophytic bacteria as agents for new generation biopesticides (review)]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2018; Vol.54. 2. 134-148 p. doi: 10.7868/S0555109918020034.

17. Shabatukov AKh, Khromova LM. [Biological control of corn diseases in the steppe zone of Kabardino-Balkaria]. *Vestnik APK Stavropolya*. 2019; 3(35). 78-82 p. doi: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-78-82.

18. Kruglov YuV, Lisina TO, Andronov EE. [*Bacillus megaterium* 501rif as an antidote to the herbicide prometryn in oat and corn crops]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya*. 2020; Vol.55. 3. 481-488 p. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.481rus.

19. Khayrullin RM, Sorokan AV, Gabdrakhmanova VF. [Promising properties of *Bacillus Thuringiensis* and directions of their use for plant protection]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2023; Vol.59. 4. 337-354 p. doi: 10.31857/S0555109923040074.

20. Sidorova TM, Asaturova AM, Allakhverdyan VV. [Features of antagonism of bacteria of the genus *Bacillus* in relation to toxinogenic fungi *Fusarium* in protecting plants from disease and contamination with mycotoxins (review)]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 2021; Vol.16. 4 (61). 86-103 p. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103.

21. Pusenkova LI, Garipova SR, Fedorova KA, Dedova MA. [Effect of the frequency of potato treatments with endophytic bacteria *Bacillus subtilis* on the pigment content in leaves, productivity and disease resistance]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022; Vol.36. 10. 11-17 p. – doi: 10.53859/02352451_2022_36_10_11.

22. Mikhaylova MYu, Talanov IP. [Nutritional value of corn hybrids when grown for green mass]. *Agrarnaya nauka*. 2016; 4. 9-11 p.

23. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs in corn]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 1 (73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

24. Amirov MF, Valeev IR, Valiev AR. *Agrotekhnologii tekhnicheskikh kultur. Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan*. [Agrotechnologies of industrial crops. Farming system of the Republic of Tatarstan: in 3 parts]. In 3 parts. Vol.1. Part 2. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. 2014; 178-250 p.

Authors:

Mikhaylova Marina Yurevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Minikaev Rogat Vagizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: ragat@mail.ru

Kolesar Valeriya Aleksandrovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of General Agriculture and Plant Protection Department, e-mail: klerochka@gmail.com

Sabirova Razina Mavletgaraevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of General Agriculture and Plant Protection Department, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru

Sochneva Svetlana Viktorovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Land Management and Cadastres Department, e-mail: sochneva.sv1@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.