

## ОЦЕНКА ОТЗЫВЧИВОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА АЗОТНОЕ УДОБРЕНИЕ

**В.Н. Багринцева**, доктор сельскохозяйственных наук,  
**И.Н. Ивашенко**, кандидат сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы,  
357528, Пятигорск, ул. Ермолова, 14б  
E-mail: maize-techno@mail.ru*

*Изучали отзывчивость гибридов кукурузы на азотное удобрение как генетически обусловленного признака. Для этого создана гибридная комбинация, включающая исходные родительские формы с высокой ответной реакцией на азотное удобрение (по данным исследований, проведенных в 2012-2014 гг.). В качестве критериев оценки ответной реакции были взяты прирост вегетативной части и массы корневой системы растений линий и гибридов кукурузы в фазе 5 листьев, высоты, урожая зеленой массы и зерна. Гибридная комбинация, полученная в ходе скрещивания, в процессе испытания в 2015-2019 гг. показала существенно более высокий прирост вегетативной массы растений и массы корневой системы в фазе 5 листьев. На фоне азотного удобрения прибавка составила соответственно 2,12 и 0,37 г. Показано, что по сравнению со стандартом Машук 355 МВ гибрид Экспериментальный характеризуется большим приростом высоты растений (4 см), существенно более высокой прибавкой урожая зеленой массы (2,8 т/га) и урожая зерна (0,24 т/га). Новый гибрид эффективнее использовал азот для образования дополнительного количества протеина, содержание которого в зерне увеличилось на 0,93%, что на 0,42% выше, чем у гибрида Машук 355 МВ. Доказана специфическая реакция гибридной комбинации кукурузы на азотное удобрение, что непосредственно связано с особенностями генотипа, полученного по наследству от родительских форм. Отбор исходного материала с высокой отзывчивостью на азотное удобрение и его использование в гибридизации позволили получить гибридную комбинацию Экспериментальный, которая по отзывчивости на азотное удобрение превзошла гибрид Машук 355 МВ. Эти данные послужили основой для оценки исходного материала и его отбора при создании эффективных гибридов кукурузы, отзывчивых на азотное удобрение.*

## EXPERIMENTAL RESEARCHES ON THE EVALUATION OF HYBRID CORN OF RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZER

**Bagrintseva V.N., Ivashenko I.N.**

*All-Russian Research Scientific Institute of Corn,  
357528, Pyatigorsk, ul. Ermolova, 14b  
E-mail: maize-techno@mail.ru*

*The scientific work is devoted to the question of the responsiveness of corn to nitrogen fertilizer, as a genetically determined trait. To form an idea of responsiveness to nitrogen, a hybrid combination was created that included the basic parental forms, which were distinguished by a high response to nitrogen fertilizer as a result of studies for 2012-2014. As criteria for assessing the response to nitrogen fertilizer, we took the growth of the vegetative part and the mass of the root system of corn plants lines and hybrids in the phase of 5 leaves, height, increase in yield of green mass and grain. During the lines crossing, the hybrid combination Experimental received in 2015-2019 is characterized by a significantly higher increase in the vegetative mass of plants and an intensive increase in the mass of the root system in the phase of 5 leaves against the background of nitrogen fertilizer, the increase was 2.12 and 0.37 g. It was distinguished by a large increase in plant height compared to the standard Mashuk 355 MV (by 4 cm). It was characterized by a significantly high increase in the yield of green mass (by 2.8 t/ha) and in the grain yield (by 0.24 t/ha). The new hybrid was used nitrogen most efficiently for the formation of additional protein; its content increased in grain by 0.93%, which is 0.42% higher than hybrid Mashuk 355 MV had. Based on the results obtained, a specific reaction of the hybrid corn combination to nitrogen fertilizer is proved, which is directly related to the features of the genotype obtained by inheritance from parental forms. The selection of the source material with high responsiveness to nitrogen fertilizer and its use in hybridization allowed us to obtain a hybrid combination Experimental that surpassed hybrid Mashuk 355 MV, which is characterized by high responsiveness to nitrogen fertilizer. The data obtained will allow us to further develop an effective method for evaluating the source material and its selection to create agrochemically efficient corn hybrids.*

**Ключевые слова:** кукуруза, родительские формы, гибрид, азотное удобрение, прирост, прибавка, отзывчивость

**Key words:** corn, parent forms, hybrid, nitrogen fertilizer, growth, increase, responsiveness

Главную роль в питании кукурузы играют азотные удобрения [1-4]. Исследования показывают, что удобрения оказывают неодинаковое действие на урожай зеленой массы и зерна разных гибридов кукурузы. Э.Л. Климашевским [5, 6] выявлена генотипическая специфика сортов и гибридов кукурузы в отношении степени отзывчивости на азотные удобрения. По его мнению, гетерозис – мощный фактор повышения не только продуктивности растений, но и использования элементов питания из почвы и удобрений.

В настоящее время время научных данных по вопросу наследования признаков отзывчивости на удобрения гено-

типов кукурузы и отбору ценного исходного селекционного материала недостаточно. Цель настоящей работы – создание отзывчивой на азотное удобрение гибридной комбинации кукурузы с использованием изученных ранее и отобранных для скрещиваний родительских форм.

**Методика.** Исследования проводили на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы в 2012-2019 гг. в Ставропольском крае. Объекты исследований – среднеспелый гибрид Машук 355 МВ и созданная нами гибридная комбинация Экспериментальный и их родительские формы: Мая М и Настурция SD – простые гибриды, материнские формы,

**Табл. 1. Биомасса одного растения трехлинейных гибридов кукурузы в фазе 5 листьев**

Гибрид	Год	Масса вегетативной части 1-го растения, г			Масса корневой системы 1-го растения, г		
		N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	прибавка	N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	прибавка
Машук 355 МВ (стандарт)	2016	5,24	5,62	0,38	1,45	1,58	0,13
	2017	5,09	5,95	0,86	1,23	1,32	0,09
	2018	4,72	6,95	2,23	1,22	1,67	0,45
В среднем		5,02	6,17	1,15	1,30	1,52	0,22
Экспериментальный	2016	4,70	6,67	1,97	1,56	1,88	0,32
	2017	7,58	9,78	2,20	1,67	1,88	0,21
	2018	4,41	6,60	2,19	1,21	1,80	0,59
В среднем		5,56	7,68	2,12	1,48	1,85	0,37
НСР <sub>0,05</sub> , г			0,81			0,19	
Ошибка опыта, %			3,82			3,64	

линия РП 310 МВ – отцовская форма изучаемых трехлинейных гибридов. Гибриды кукурузы Машук 355 МВ и Мая М использовали в качестве стандартов для сравнения по признаку отзывчивости на азотное удобрение.

В полевом опыте гибриды и самоопыленная линия кукурузы выращивали на двух фонах: I – контроль без удобрения и II – N<sub>60</sub>. Азотное удобрение в форме аммиачной селитры вносили весной под первую культивацию.

Содержание элементов питания в почве определяли, когда кукуруза была в фазе 5 листьев. В среднем за 8 лет в слое почвы 0-20 см содержание нитратного азота по Грандваль-Ляжу в варианте без удобрения (контроль) составило 19,3, подвижного фосфора по Мачигину – 14, обменного калия по Мачигину – 259 мг/кг почвы, в варианте с удобрением (N<sub>60</sub>) – соответственно 32,2; 14 и 274 мг/кг.

Предшественником кукурузы была озимая пшеница, высеваемая после сои. Кукурузу сеяли в 2012-2019 гг. 25-29 апреля. На всех делянках опыта в фазе 2-3 листьев формировали густоту стояния растений 60 тыс. шт./га. Для защиты от сорных растений применяли гербициды Мерлин 0,150 кг/га или Аденго 0,5 л/га. Учеты и наблюдения выполняли в соответствии с методикой ВНИИ кукурузы [7]. Статистическая обработка данных осуществлена по методике Б.А. Доспехова [8].

В зоне проведения опыта среднее многолетнее количество осадков за период вегетации кукурузы (май-сентябрь) составляло 343 мм, в том числе в мае – 79, июне – 87, июле – 70, августе – 59, сентябре – 48 мм. Метеорологические условия в годы исследований были различными. Условия увлажнения и температурный режим оказались самыми благоприятными для растений в 2013 и 2016 гг., благоприятными – в 2012 и 2019 гг., относительно благоприятными – в 2014 и 2017 гг., неблагоприятными – в 2015 и 2018 гг.

**Результаты и обсуждение.** В 2012-2014 гг. изучили 42 образца кукурузы (гибриды и их родительские формы) по признаку отзывчивости на азотное удобрение. Выявлены различия между гибридами и линиями по приросту от удобрения массы корневой системы и вегетативной части растений в фазе 5 листьев, а также прибавке урожая зеленой массы в фазе молочно-восковой спелости и урожая зерна в фазе полной спелости [9, 10]. Определены образцы, восприимчивые и невос-

приимчивые к внесению азотного удобрения. На основании полученных данных сделаны выводы о том, что гибриды, относящиеся к одной группе спелости, по-разному отзываются на азотное удобрение, что связано с их родословной и подтверждает гипотезу о наследовании признака высокой отзывчивости на азот гибридом от исходных родительских форм [11]. Была поставлена задача проверить гипотезу о передаче признака высокой отзывчивости на азотное удобрение от исходных родительских форм. Из исследованных образцов кукурузы подобрали подходящую для скрещивания родительскую пару: материнская форма Настурция SD и отцовская форма РП 310 МВ. При выборе родительских форм для создания гибридной комбинации учитывали признак высокой отзывчивости на азотное удобрение.

Материнскую форму новой гибридной комбинации Настурция SD сравнивали с материнской формой Мая М отзывчивого на азот трехлинейного гибрида Машук 355 МВ, который также взяли за стандарт. Простой гибрид Настурция SD относится к среднеранней группе спелости, а простой гибрид Мая М и трехлинейный гибрид Машук 355 МВ – к среднеспелой группе.

В 2014-2018 гг. провели искусственное опыление простого гибрида Настурция SD самоопыленной линией РП 310 МВ. В результате получили семена трехлинейного гибрида кукурузы (F<sub>1</sub>) Экспериментальный. В течение 2015-2019 гг. эта гибридная комбинация проходила испытания по признаку отзывчивости на азотное удобрение в сравнении с гибридом кукурузы Машук 355 МВ, который по результатам наших исследований является высокоотзывчивым на азот [11].

В 2016-2018 гг. провели оценку полученной гибридной комбинации по приросту вегетативной массы и массы корневой системы растений от азотного удобрения в фазе 5 листьев в сравнении с гибридом Машук 355 МВ (табл. 1). В среднем за годы исследований на фоне удобрения N<sub>60</sub> вегетативная масса одного растения гибрида Экспериментальный оказалась больше, чем стандарта Машук 355 МВ, на 1,51 г. При этом за счет азотного удобрения прирост вегетативной части одного растения гибрида Экспериментальный был больше, чем гибрида Машук 355 МВ, на 0,97 г.

По данным Э.Л. Климашевского, размер и масса корневой системы, может быть одним из критериев оценки отзывчивости растений на удобрение [5, 12]. В наших исследованиях за счет удобрения интенсивнее проходил процесс нарастания массы корневой системы гибрида Экспериментальный, у которого и масса корневой системы была больше. В среднем за 3 года в фазе 5 листьев масса корневой системы одного растения гибрида Экспериментальный, как и прирост корневой системы на фоне удобрения, были больше, чем у гибрида Машук 355 МВ, соответственно на 0,33 и 0,15 г.

По приросту высоты растений от удобрения гибриды кукурузы значительно различались в годы исследований. Так, высота растений гибрида Машук 355 МВ увеличилась на 3-18 см, гибрида Экспериментальный – на 5-35 см, причем прирост был достоверно значимым в 2015-2017 гг. и существенно ниже в 2018 и 2019 гг., чем в 2015-2017 гг., что связано с погодными условиями. В среднем за 5 лет исследований, несмотря на то, что гибрид Машук 355 МВ более высокорослый, прирост растений от азотного удобрения был меньше, чем у гибрида Экспериментальный, на 4 см (табл. 2).

Урожай зеленой массы в фазе молочно-восковой спелости зерна изучаемых гибридов на фоне N<sub>60</sub> существенно не различался и в среднем за все годы составил у гибрида Машук 355 МВ 38,2 т/га, гибрида Экспери-

Табл. 2. Хозяйственно ценные признаки гибридов кукурузы

Гибрид	Год	Высота растений*, см			Урожай зеленой массы**, т/га			Урожай зерна, т/га		
		N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	прирост	N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	прибавка	N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	прибавка
Машук 355 МВ (стандарт)	2015	268	280	12	36,9	41,1	4,2	6,45	6,98	0,53
	2016	243	260	17	33,2	41,6	8,4	7,63	8,69	1,06
	2017	234	252	18	27,1	30,4	3,3	6,40	6,78	0,38
	2018	211	216	5	32,0	39,3	7,3	5,86	6,45	0,59
	2019	232	235	3	34,0	38,7	4,7	8,00	8,25	0,25
В среднем		238	249	11	32,6	38,2	5,6	6,87	7,43	0,56
Экспериментальный	2015	265	276	11	33,3	39,9	6,6	7,04	7,68	0,64
	2016	217	252	35	28,3	39,0	10,7	7,40	8,66	1,26
	2017	236	254	18	24,7	32,5	7,8	6,11	6,78	0,67
	2018	201	206	5	29,9	40,5	10,6	5,77	6,43	0,66
	2019	217	223	6	36,5	42,7	6,2	8,45	9,21	0,76
В среднем		227	242	15	30,5	38,9	8,4	6,95	7,75	0,80
НСР <sub>0,05</sub> , см, т/га		7			1,8			0,21		
Ошибка опыта, %		0,9			1,6			0,92		

Примечание: \* Фаза цветения кукурузы; \*\* Фаза молочно-восковой спелости зерна кукурузы.

Табл. 3. Содержание (%) протеина в зерне гибридов кукурузы

Доза азота	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	Прибавка (НСР <sub>0,05</sub> = 0,49%)
<b>Машук 355 МВ</b>					
N <sub>0</sub>	8,15	7,03	7,39	7,52	-
N <sub>60</sub>	9,02	7,61	7,46	8,03	0,51
<b>Экспериментальный</b>					
N <sub>0</sub>	8,21	6,93	6,90	7,35	-
N <sub>60</sub>	9,15	8,41	7,29	8,28	0,93

ментальный – 38,9 т/га. Анализ изменения урожая зеленой массы этих гибридов при применении азотного удобрения показал его достоверное увеличение. В среднем за 2015-2019 гг. прибавка урожая зеленой массы гибрида Экспериментальный была выше, чем у стандарта, на 2,8 т/га, что существенно.

По урожаю зерна на неудобренном фоне между гибридами не отмечено существенной разницы. В среднем за 5 лет урожайность гибрида Экспериментальный была выше, чем гибрида Машук 355 МВ, на 0,08 т/га. При применении азотного удобрения средний урожай гибрида Экспериментальный оказался существенно выше – на 0,32 т/га. В 2017 и 2019 гг., а также в среднем за 2015-2019 гг. достоверный рост урожая зерна этого гибрида за счет удобрения был выше стандарта на 0,29; 0,51 и 0,24 т/га соответственно.

Известно, что азотные удобрения увеличивают не только урожай зерна кукурузы, но также содержание протеина в зерне [13-15]. По этому показателю можно судить и об отзывчивости на удобрение, так как его накопление во многом зависит от способности растений эффективно использовать азот удобрения. За счет азотного удобрения возрастало содержание протеина в зерне обоих гибридов кукурузы. Однако в зерне гибрида

Экспериментальный в среднем за 3 года оно увеличилось значительно: прибавка протеина была на 0,42% больше, чем у стандарта Машук 355 МВ (табл. 3).

Таким образом, специфическая реакция гибрида кукурузы Экспериментальный на азотное удобрение непосредственно связана с особенностями генотипа, полученного по наследству от родительских форм. По отзывчивости на азот он превзошел гибрид Машук 355 МВ. У гибрида Экспериментальный была значительно выше вегетативная и корневая масса одного растения в фазе 5 листьев (на 0,97 и 0,15 г), урожай зеленой массы (на 2,8 т/га) и зерна (на 0,24 т/га), а также особенно существенно – содержание протеина в зерне (на 0,42%).

#### Литература.

1. Агафонов Е.В., Батаков А.А. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области // *Агрехимия*. – 2000. – N 11. – С. 41-50.
2. Агеев В.В., Подколзин А.И. Система удобрения в севооборотах Юга России. – Ставрополь, 2001. – С. 191-201.
3. Belay A., Claassens A., Wehner F. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation // *Biology and Fertility of Soils*. – 2002. – N 6. – P. 420-427.
4. Tremblay N., Bouroubi Y. M., Bélec C., Mullen R.W., Kitchen N.R., Thomason W.E., Ebelhar S., Mengel D.B., Raun W.R., Francis D.D., Vories E.D., and Ortiz-Monasterio I. Corn Response to Nitrogen is Influenced by Soil Texture and Weather // *Soil Fertility and Crop Nutrition*. – 2012. – V. 104. – P. 1658-1671.
5. Климашевский Э.Л. Теория агрохимической эффективности растений. – *Агрехимия*. – 1990. – N 1. – С. 131-148.
6. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.

7. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой: ВНИИ кукурузы ВАСХ-НИЛ. – Днепропетровск, 1980 – 54 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
9. Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н. Особенности развития самоопыленных линий кукурузы при внесении азотного удобрения // Кукуруза и сорго. – 2015. – N 2. – С. 22-30.
10. Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н. Отзывчивость на азотное удобрение современных гибридов кукурузы в условиях Ставропольского края // Агрохимия. – 2015. – N 11. – С. 45-50.
11. Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н. Отзывчивость гибридов кукурузы и их родительских форм на азотное удобрение // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – N 4. – С. 17-21.
12. Климашевский Э.Л. Физиологические особенности питания разных сортов кукурузы. – М.: Наука, 1966. – 152 с.
13. Дьячков В.Ф. Действие удобрений на химический состав гибридов кукурузы различной скороспелости: Сб. научн. тр. Воронеж. СХИ. – Воронеж, 1975. – Т. 72. – С. 89-92.
14. Ивашенко И.Н., Багринцева В.Н. Роль азотного удобрения в повышении урожая и кормовой ценности зерна гибридов кукурузы // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – N 2(101). – С. 168-175.
15. Oikeh S.O., Kling J.G., Okoruwa A.E. Nitrogen Fertilizer Management Effects on Maize Grain Quality in the West African Moist Savanna // Crop Science. – 1998. – №4(38). – P. 1056-1161.

**Поступила в редакцию 15.05.20**

**После доработки 10.06.20**

**Принята к публикации 15.06.20**