



УДК: 633.15: 631.559
DOI 10.25230/conf11-2021-15-18

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Бабушкин Д.Д., Зайцев С.А.
ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»
zea_mays@mail.ru

Проведена сравнительная оценка биоэнергетической эффективности производства зерна гибридов кукурузы, созданных в селекцентрах-участниках Координационного совета по селекции и семеноводству кукурузы и включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ. Выявлены гибриды кукурузы с относительно высоким сбором валовой энергии Неон 147 МВ (71,4 ГДж/га), Катерина СВ (68,4 ГДж/га) и сырого протеина: Неон 147 МВ (0,45 т/га), РНИИСК-1 (0,43 т/га), Байкал (0,44 т/га).

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, урожайность, протеин, жир, валовая энергия.

Введение. В последнее время наряду с экономической оценкой все большее внимание сельхозтоваропроизводителей привлекает биоэнергетическая оценка эффективности возделывания различных сельскохозяйственных культур [2]. Биоэнергетическое направление селекции предполагает создание энергосберегающих и энергетически эффективных сортов и гибридов растений, пригодных к конструированию агрофитоценозов с высокой производительностью и длительной активностью фотосинтетической поверхности, обладающих устойчивостью к действию биотических и абиотических стрессоров, оптимальным индексом урожая, расположением листьев [1]. Выявление наиболее энергоресурсосберегающих вариантов (сортов, гибридов) связано с оценкой соотношения количества энергии, накопленной растениями, с затратами антропогенной энергии. Такой подход позволяет дать количественную характеристику энергетической эффективности [5].

Цель работы – провести сравнительную оценку биоэнергетической эффективности производства зерна различных гибридов кукурузы в умеренно засушливых условиях Саратовской области.

Материал и методика. Полевые опыты проводили в 2016–2019 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК в 2016 г. – 0,48, в 2017 г. – 1,05. Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый. В пахотном слое содержание гумуса (по Тюрину) составляет 3,80–4,60 %, общего азота – 0,17–0,22 %, валового фосфора – 0,11–0,14 %, калия – 1,10–1,38 %. Плотность почвы составляет 1,20–1,32 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) слоя 0–30 см – 101,1 мм, слоя 0–100 см – 295,6 мм. В эксперимент включены 15 гибридов, созданные в селекцентрах-участниках Координационного совета по селекции и семеноводству кукурузы и включенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к



использованию в РФ. Повторность – трехкратная. Учетная площадь делянки 7,7 м²; длина делянки 5,5 м. Густота стояния растений (45 тыс. растений/га). Агротехника в опыте – зональная, разработанная в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Учеты и наблюдения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [3]. Показатели качества зерна определяли согласно принятым методикам: сырой протеин – ГОСТ 10846-91 (прибор Kjeltec 2100); сырой жир – ГОСТ 1349615-97; сырая зола – ГОСТ 26226-95; клетчатка – ГОСТ 13946.2-91; БЭВ – расчетным способом. Определение валовой энергии зерна по биохимическому составу проводили в соответствии с содержанием в 1 г питательных веществ (протеин – 23,597 кДж, жир – 39,649 кДж, клетчатка – 17,585 кДж, БЭВ – 16,957 кДж) [4].

Результаты исследований. Исследование гибридов кукурузы выявило варьирование параметров по годам (табл. 1). Оценивая распределение урожайности зерна, сбора протеина и выход валовой энергии, следует признать их как нормальное, что позволяет с минимальной ошибкой выбрать необходимый гибрид исходя из полученных фактических результатов. Варьирование урожайности зерна по годам наблюдалось в следующих пределах: 2016 г. – 2,52–4,20 т/га, 2017 г. – 3,02–5,33 т/га, 2018 г. – 2,45–5,25 т/га, 2019 г. – 2,29–4,50 т/га. Наибольшей урожайностью зерна отличились следующие гибриды и сорта-популяции: Неон 147 МВ, РНИИСК-1, Инсайд, Байкал, Машук 171 МВ, Машук 175 МВ, Катерина. Диапазон варьирования уборочной влажности зерна составил: в 2016 г. – 17,1–23,2 %, в 2017 г. – 17,1–29,1 %, в 2018 г. – 13,5–16,7 %, в 2019 г. – 14,1–20,2 %.

Таблица 1. Урожайность и биохимический состав зерна гибридов кукурузы, среднее 2016–2019 гг.

Гибрид	Урожайность, т/га (при 14,0% влажности)	Уборочная влажность зерна, %	Протеин, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зола, %	БЭВ, %
Кубанский 101 СВ	2,87	18,6	8,80	5,37	1,78	1,35	82,71
Росс 140 СВ	4,10	19,6	8,97	4,81	2,81	1,46	81,95
РСК Грасскорн	3,66	19,1	9,70	4,65	2,28	1,33	82,04
Неон 147 МВ	4,50	19,1	10,04	4,57	2,97	1,33	81,08
РНИИСК-1	4,22	17,7	10,16	4,64	2,30	1,21	81,70
Машук 150 МВ	3,24	18,9	10,14	5,18	2,73	1,30	80,64
Нур	3,85	17,2	9,42	4,64	2,75	1,25	81,94
Уральский 150	3,30	19,1	9,59	3,98	2,10	1,14	83,18
Ладожский 150 МВ	3,92	18,8	9,20	4,71	1,83	1,16	83,09
Биляр	3,94	18,5	9,81	4,53	2,84	1,22	81,60
Байкал	4,22	17,5	10,42	4,74	2,75	1,43	80,65
Машук 170 МВ	4,08	18,4	10,06	5,41	2,82	1,19	80,52
Машук 171 МВ	4,24	19,2	9,37	4,32	2,97	1,24	82,11
Машук 175 МВ	4,31	20,2	9,71	4,56	2,89	1,19	81,64
Катерина СВ	4,34	19,6	9,14	4,28	2,03	1,18	83,38
Средняя ±ошибка	3,92±0,12	18,7±0,21	9,64±0,12	4,69±0,10	2,52±0,11	1,27±0,03	81,88±0,24
min-max	2,87-4,50	17,2-20,2	8,8-10,42	3,98-5,41	1,78-2,97	1,14-1,46	80,52-83,38
Дисперсия	0,22	0,67	0,23	0,15	0,18	0,01	0,85
Стандартное отклонение	0,47	0,82	0,48	0,39	0,42	0,10	0,92
Коэффициент вариации	11,87	4,37	4,98	8,27	16,80	7,71	1,13
Коэффициент асимметрии ±ошибка	-1,063 ns±0,577	-0,429 ns±0,577	-0,153 ns±0,577	0,429 ns±0,577	-0,676 ns±0,577	0,723 ns±0,577	0,108 ns±0,577
Коэффициент эксцесса ±ошибка	0,400 ns±1,095	-0,081 ns±1,095	-0,939 ns±1,095	0,289 ns±1,095	-1,169 ns±1,095	-0,417 ns±1,095	-0,870 ns±1,095
F	2,17*	-	2,47*	5,99*	3,01*	3,76*	3,08*
НСР _{0,05}	0,90	-	0,87	0,45	0,69	0,14	1,49



Относительно низкая уборочная влажность зерна (в среднем менее 19 %) в початках зафиксирована у следующих форм: Кубанский 101 СВ, РНИИСК-1, Машук 150 МВ, Нур, Ладожский 150, Биляр, Байкал, Машук 170 МВ, Катерина СВ. То есть, для подработки зерна этих селекционных достижений до кондиционной влажности потребуется затратить минимальную энергию.

Оценка биохимического состава позволила определить варьирование средних показателей биохимического состава в зерне: протеин – 8,80–10,42 %, жир – 3,98–5,41 %, клетчатка – 1,78–2,97 %, зола – 1,14–1,46 %, БЭВ – 80,52–83,38 %. В 2016–2019 гг. отмечены гибриды кукурузы с относительно высоким сбором сырого протеина Неон 147 МВ (0,36–0,54 т/га), РНИИСК-1 (0,41–0,45 т/га), Байкал (0,34–0,50 т/га), Машук 170 МВ (0,40–0,43 т/га), Машук 175 МВ (0,38–0,50 т/га).

Оценка биохимического состава зерна позволила определить выход валовой энергии зерна с единицы площади (табл. 2). Выход валовой энергии (в среднем за 2016–2019 гг.) варьировал от 45,8 ГДж/га до 71,4 ГДж/га. Анализ параметров энергетической оценки производства зерна показывает, что при одинаковой технологии возделывания затраты совокупной энергии на единицу площади по изучаемым гибридам кукурузы изменяются в небольших пределах. Эти изменения определяются преимущественно разницей в энергозатратах на уборку и первичную обработку зерна, обусловленной различной урожайностью сортов и уборочной влажностью зерна.

Лучшими оценками параметров энергетической эффективности характеризовались гибриды Неон 147 МВ ($q_i=2,16$), Байкал ($q_i=2,14$), синтетическая сортопопуляция РНИИСК-1 ($q_i=2,13$). Данные формы характеризовались и более низкими затратами энергии на производство 1 т зерна – 8,5–8,7 ГДж/т при 9,8 ГДж/т в среднем по гибридам. При этом коэффициент энергетической эффективности у гибридов, принятых в качестве стандартов в экологических сортоиспытаниях в селекцентрах-участниках Координационного совета, оказался ниже: Росс 140 СВ ($q_i=1,94$), Машук 150 МВ ($q_i=1,59$), Катерина СВ ($q_i=2,04$).

Таблица 2. Оценка энергетической эффективности производства зерна кукурузы в условиях Саратовской области, среднее 2016–2019 гг.

Гибрид	Урожайность а.с.в., т/га	Выход валовой энергии в урожае на а.с.в., ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, q_i	Приращение валовой энергии, ГДж/га	Выход зерна в расчете - на 1 ГДж затрат энергии, т	Удельная энергоёмкость производства, ГДж/т
Кубанский 101 СВ	2,47	45,8	25,3	1,81	20,5	0,08	10,2
Росс 140 СВ	3,53	65,0	33,5	1,94	31,5	0,11	9,5
РСК Грасскорн	3,14	57,9	33,0	1,75	24,9	0,10	10,5
Неон 147 МВ	3,87	71,4	33,0	2,16	38,4	0,12	8,5
РНИИСК-1	3,63	67,1	31,5	2,13	35,6	0,12	8,7
Машук 150 МВ	2,79	51,9	32,7	1,59	19,2	0,09	11,7
Нур	3,31	61,0	31,0	1,97	30,0	0,11	9,4
Уральский 150	2,84	52,0	33,0	1,58	19,0	0,09	11,6
Ладожский 150 МВ	3,37	62,2	32,6	1,91	29,6	0,10	9,7
Биляр	3,38	62,4	32,3	1,93	30,1	0,10	9,6
Байкал	3,63	67,1	31,4	2,14	35,7	0,12	8,7
Машук 170 МВ	3,51	65,5	32,2	2,03	33,3	0,11	9,2
Машук 171 МВ	3,64	66,9	33,0	2,03	33,9	0,11	9,1
Машук 175 МВ	3,7	68,3	34,0	2,01	34,3	0,11	9,2
Катерина СВ	3,73	68,4	33,5	2,04	34,9	0,11	9,0
Среднее	3,37	62,2	32,6	1,90	29,6	0,1	9,8
F	2,165*						
НСР _{0,05}	0,773						



Заключение. В ходе исследования выявлены гибриды кукурузы с относительно высоким сбором валовой энергии: Неон 147 МВ (71,4 ГДж/га), Катерина СВ (68,4 ГДж/га), Машук 175 МВ (68,3 ГДж/га) и сырого протеина: Неон 147 МВ (0,45 т/га), РНИИСК-1 (0,43 т/га), Байкал (0,44 т/га). Машук 170 МВ (0,41 т/га), Машук 175 МВ (0,42 т/га). Отмечены гибриды с максимальным выходом зерна (0,12 т) при затрате 1 ГДж энергии: Неон 147 МВ, РНИИСК-1, Байкал. Повышение биоэнергетической эффективности производства зерна кукурузы возможно за счет увеличения использования раннеспелых гибридов, с относительно низкой уборочной влажностью, что обеспечивает сокращение затрат на послеуборочную доработку продукции. Селекцию новых сортов и гибридов кукурузы следует направить на увеличение в зерне протеина, а также на снижение содержания клетчатки. Повышение урожайности и качества зерна, при одновременном снижении уборочной влажности является основой биоэнергетического направления селекции и создания энергосберегающих и энергетически эффективных сортов и гибридов кукурузы.

Литература

1. Великанова Л.О., Сисо А. В. Биоэнергетическая оценка альтернативных технологий возделывания кукурузы на зерно и озимой пшеницы в низменно-западных агроландшафтах центральной зоны Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 87 (03). – С. 528–536.
2. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С. Кормопроизводство важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. – 2011. – № 1. – С. 22–27.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
4. Петухова Е.А., Бессарабова Р.Ф., Халенева Л.Д., Антонова О.А. Зоотехнический анализ кормов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
5. Стрижова Ф.М., Беленинова Л.В. Биоэнергетическая и экономическая эффективность производства зерна сортов яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3 (89). – С. 5–7.

BIOENERGETIC EFFICIENCY OF SEED PRODUCTION OF CORN HYBRIDS

Babushkin D.D., Zaytsev S.A.

We conducted the comparative analysis of bioenergetic efficiency of production of seeds of corn hybrids developed in breeding centers – participants of the Coordination Council on breeding and seed production of corn, included into the State register of breeding achievements permitted for production in the Russian Federation. We revealed corn hybrids with relatively high yield of gross energy: Neon 147 MV (71.4 GJ/ha), Katerina SV (68.4 GJ/ha), and crude protein: Neon 147 MV (0.45 t/ha), RNIISK-1 (0.43 t/ha), Baykal (0.44 t/ha).

Key words: corn, hybrid, yield, protein, fat, gross energy.