

УДК 633.15

## **ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ ПРИ ПРОГРАММИРОВАННОМ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ**

**З.И. Усанова, П.И. Мигулев**

Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

Приведены результаты исследований водопотребления растений 5-и гибридов кукурузы на 6-и фонах минерального питания, проведенных в 2016 – 2018 гг. в двухфакторном полевом опыте на дерново – среднеподзолистой легкосуглинистой почве Тверской области. В опыте изучали фоны минерального питания (фактор А), где вносились органические удобрения (подстилочный навоз крупного рогатого скота) в расчетных дозах (70–150 т/га) на запрограммированные уровни урожаев (недостаток в навозе элементов НРК компенсировали минеральными удобрениями); гибриды кукурузы (фактор В): Каскад 195 СВ, контроль; Анжела; ЛГ 30189; Воронежский 160СВ; Родник 180СВ. Программируемые уровни (категории) урожаев: потенциальный (ПУ) с КПД ФАР 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 %; климатически обеспеченный урожай по условиям увлажнения (КУ<sub>в</sub>); и по биогидротермическому потенциалу продуктивности (КУ<sub>бп</sub>). Выявлено, что наименьшее количество воды на создание единицы абсолютно сухой биомассы (Кв.биол.) расходуют высокопродуктивные гибриды Анжела и ЛГ 30189 при программировании урожая с КПД ФАР 3,5 % (185,4 и 188,5 мм х га/ц). Они же потребляют меньше воды, чем другие гибриды, на единицу продукции (зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна) (Кв.тов.) – 57,7 – 48,8 мм х га/ц. Кукуруза снижает расход воды на создание сухой биомассы в сухие годы: на 20,7 – 25,9 %, выращивание на высоких фонах – в 1,8 раза, а посев высокопродуктивных гибридов – в 1,5 раза. Экономное расходование влаги кукурузы объясняется высоким значением показателя чистой продуктивности фотосинтеза, который остается стабильным в любые годы. Максимальную урожайность зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна сформировал гибрид ЛГ 30189 (98,1 т/га) в сухой 2018 г. на самом высоком фоне минерального питания.

**Ключевые слова:** кукуруза, гибриды, фон минерального питания, коэффициенты водопотребления, урожайность, чистая продуктивность фотосинтеза.

DOI: 10.26456/vtbio77

**Введение.** Кукуруза (*Zea mays* L.) – однолетнее однодольное однодомное раздельнополое перекрестноопыляющееся растение

семейства мятликовые (Poaceae) (Усанова, 1999; Корниенко, 2015; Усанова и др., 2018). Является важнейшей полевой культурой мирового земледелия, выращивается на продовольственные, технические и кормовые цели (Шпаар, 2014). В северных районах кукурузосеяния она используется как силосная культура. Силос из зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна является одним из главных компонентов кормовых рационов коров (Калашников и др., 2003). Поэтому получение высоких урожаев кукурузы имеет большое значение в повышении продуктивности животноводства в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности России (2010). Решение этой проблемы возможно при внедрении метода программирования оптимальной урожайности, применение которого позволяет создать в посеве (агроценозе) условия для наилучшей фотосинтетической деятельности растений и обеспечивающий вследствие этого наиболее полное использование генетических возможностей сортов и гибридов, агроклиматических ресурсов региона, наибольшую экономически целесообразную продуктивность и окупаемость всех материально – технических средств (Филин, 2014; Усанова, 2015).

У кукурузы процесс фотосинтеза протекает по  $C_4$  типу, характерному для тропических растений (Кузнецов, Дмитриева, 2006; Шпаар, 2014). Как культура южного происхождения (Средняя и Южная Америка) она предъявляет повышенные требования к теплу, но отличается очень низким коэффициентом транспирации. По данным зарубежных ученых, у кукурузы он колеблется от 179 до 368 л воды / 1 кг сухой массы, в то время как у озимой пшеницы – от 301 до 557, овса – от 278 до 583, картофеля – от 575 до 636, льна – долгунца от 783 до 905 л/кг см (Geisler, 1983; Ehlers, 1996; Keller et al., 1997).

Вода является одним из главных жизненных факторов для растений. Цитоплазма растительных клеток на 85 - 90% состоит из воды. Без воды не протекают химические процессы, сокращается жизнедеятельность растительного организма (Муха и др., 1994; Кузнецов, Дмитриева, 2006). Величина действительно возможного урожая зависит прежде всего от обеспеченности посевов влагой и теплом, так как эти факторы являются лимитирующими (Муха и др., 1994). У кукурузы с  $C_4$  типом фотосинтеза колебания урожайности по годам в северных регионах выращивания больше зависят от суммы температур, чем от условий увлажнения, так как благодаря мощно развитой корневой системе, она может потреблять влагу из глубоких слоев почвы. Кроме того, это растение способно поглощать конденсированные пары воды своими листьями (Усанова, 1999; Шпаар, 2014).

При программировании действительно возможный урожай сельскохозяйственной культуры в каждой конкретной местности рассчитывается по влагообеспеченности посевов (Шатилов, 1980; Каюмов, 1989,). Этот показатель подвергается большей изменчивости по годам, чем обеспеченность теплом, даже при достаточном увлажнении в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Так, за период с 1924 по 2009 гг. коэффициент вариации суммы осадков за вегетационный период яровых зерновых культур в Сонковском районе Тверской области составил 32,7 %, а суммы температур – 3,84 %. Варьирование средней урожайности яровых зерновых в районе (25,8 – 42,0 %) было близко к варьированию суммы осадков (Усанова, Васильев, 2014).

Согласно существующим моделям, применяемым для расчета программируемой урожайности по влагообеспеченности необходимо знать коэффициент водопотребления каждой возделываемой культуры, сорта, гибрида. Коэффициенты водопотребления ( $K_v$ ) являются специфической характеристикой каждой сельскохозяйственной культуры (Муха и др., 1994). Они показывают, какое качество воды с гектара агроценоза затрачивается растениям на формирование единицы абсолютно сухой биомассы. Оптимальная влагообеспеченность посевов каждой сельскохозяйственной культуры является одним из важнейших факторов формирования высокой урожайности. При этом наилучший результат может быть получен тогда, когда уровень обеспеченности влагой и минеральной пищей будет отвечать одному и тому же КПД использования фотосинтетически активной радиации (Ничипорович, 1966).

Исследованиями, выполненными в Тверской области установлено существенное различие в  $K_v$  возделываемых полевых культур. Показано, что наиболее экономным расходом воды на формирование единицы урожая отличались посева с оптимальной сбалансированностью основных жизненно важных факторов. У картофеля в таких посевах  $K_v$  колебался по сортам от 381 до 649 мм х га/ц, у топинамбура от 401 до 411, у овса - от 601 до 830, а при дефиците какого то фактора он равнялся соответственно по культурам 595 – 950; 684; 1093 - 1460 мм х га/ц (Усанова, Байбакова, 2009; Усанова и др., 2013; Усанова, Васильев, 2014,).

По кукурузе выявлены  $K_v$  для условий южной части Центральных районов НЗ РФ, которые для гибридов 90-х годов прошлого столетия (Буковинский 3 и др.) в оптимально сбалансированных посевах равнялись 236 - 258 мм х га/ц (Усанова, 1999).

Для условий Верхневолжья (Тверь)  $K_v$  для современных гибридов кукурузы не установлены.

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в разных регионах РФ, включено более 1500 гибридов кукурузы, в том числе по Тверской области рекомендовано свыше 130 гибридов (Государственный реестр..., 2017).

Сельскохозяйственные предприятия должны выбирать наиболее продуктивные и адаптированные к местным климатическим условиям гибриды. Определить действительно возможную продуктивность кукурузы в регионе можно при внедрении метода программирования урожайности с использованием оптимальных коэффициентов водопотребления.

Цель работы – определить оптимальные коэффициенты водопотребления новых гибридов кукурузы при возделывании их на разных фонах минерального питания в условиях Верхневолжья.

**Методика.** Исследования проводили в 2016 – 2018 гг. в двухфакторном полевом опыте на дерново-среднеподзолистой легко суглинистой почве в ЗАО «Калининское» Калининского района Тверской области. До закладки опыта в почве содержалось 82 мг/кг легкогидролизуемого азота (по Корнфилду), 307 мг/кг  $P_2O_5$  и 121 мг/кг  $K_2O$  (по Кирсанову),  $pH_{\text{сол.}}$  – 5,7, содержание гумуса – 2,1 % (по Тюрину).

В опыте изучали факторы: А - фон минерального питания, рассчитанный на получение программируемой урожайности зеленой массы: А<sub>1</sub> - ПУ с КПД ФАР 2,0 % (50,8 т/га). А<sub>2</sub> – ПУ с КПД ФАР 2,5 % (63,5 т/га), А<sub>3</sub> – ПУ с КПД ФАР 3,0 % (76,2 т/га), А<sub>4</sub> – ПУ с КПД ФАР 3,5 % (88,8 т/га), А<sub>5</sub> – КУ<sub>В</sub> – климатически обеспеченный урожай по условиям увлажнения (70,6 т/га), А<sub>6</sub> – КУ<sub>БП</sub> климатически обеспеченный урожай по биогидротермическому потенциалу продуктивности (43,8 т/га); В - гибриды кукурузы: В<sub>1</sub> – Каскад 195 СВ («Россошьгибрид», Россия) – контроль, ФАО – 190; В<sub>2</sub> – Анжела («Вудсток», Венгрия), ФАО – 170; В<sub>3</sub> – ЛГ 30189 («Лимагрэн», Франция), ФАО – 180; В<sub>4</sub> – Воронежский 160СВ («Россошьгибрид», Россия), ФАО – 160; В<sub>5</sub> – Родник 180СВ («ИПА Отбор», Россия), ФАО 180. Площадь учетной делянки по А – 140 м<sup>2</sup>, по В – 28 м<sup>2</sup>, повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов систематическое.

В опытах соблюдали запрограммированную технологию выращивания кукурузы. Предшественник – вика - овсяная смесь на сенаж. Питательный режим создавали за счет внесения высоких норм органических (подстилочный навоз крупного рогатого скота на опилках) и минеральных удобрений в дозах, недостающих в навозе для программируемого урожая. Они составили по фонам: (навоз, т/га + НРК): 1 – 70 + N<sub>14</sub>P<sub>0</sub>K<sub>17</sub>, 2 – 80 + N<sub>79</sub>P<sub>0</sub>K<sub>59</sub>, 3 – 120 + N<sub>52</sub>P<sub>0</sub>K<sub>22</sub>, 4 – 150 +

$N_{61}P_0K_{12}$ , 5 – 120 +  $N_{23}P_0K_0$ , 6 – 70 +  $N_0P_0K_0$ . Посев проводили с междурядьями 70 см по 5 - 6 семян на 1 погонный метр (80 тыс. штук на гектар) сеялкой точного высева УПС 8-2 «Червона зірка». Сроки посева в разные годы 11.05 – 15.05, уборки (учета) урожая - 9.09, 16.09, 15.09.

Исследования проводили с использованием современных методик (Усанова, 2015). Дозы удобрений рассчитывали балансовым методом (Каюмов, 1989). Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

В опыте определяли биологические коэффициенты водопотребления –  $K_{в \text{ биол.}}$  и товарные –  $K_{в \text{ тов.}}$  (Каюмов, 1989; Муха и др., 1994).

Агроклиматическая обеспеченность урожайности кукурузы различалась по годам исследований. Суммарное водопотребление ( $W$ ) составило по годам: 2016 – 478,7 мм, 2017 – 471,5 мм, 2018 – 408,9 мм при среднемноголетней норме 494 мм продуктивной влаги; соответственно - радиационный баланс ( $R$ ) – 129,14; 136,72; 146,26 при норме 129,14 кДж/см<sup>2</sup>; сумма температур выше 10 °C ( $\sum t > 10^\circ C$ ) – 2063,9; 1869,1; 2239 °C при норме 1924,7 °C; приход ФАР – 109,69; 104,17; 117,34 кДж/см<sup>2</sup> при норме 103,6 кДж/см<sup>2</sup>; сумма осадков ( $\sum O_c$ ) – 298,7; 271,5; 222,2 мм, при норме 294 мм; коэффициент увлажнения ( $K_{увл.}$ ) – 0,86; 0,92; 0,69, при норме 0,94 ед. Все климатические показатели представлены за вегетационный период (посев - уборка), который равнялся по годам 2016 – 11,8 декад, 2017 – 12,2; 2018 – 12,5, при норме 12,3 декады.

В годы исследований наибольшей изменчивости были подвержены все климатические показатели, связанные с влагообеспеченностью. Наименьшими они были в 2018 г., ниже среднемноголетней нормы на (%):  $W$  – 17,2;  $\sum O_c$  – 24,4;  $K_{увл.}$  – 27,0. В то же время больше нормы были:  $R$  – на 13,26 %,  $\sum t > 10^\circ C$  – на 16,33 %, испаряемость ( $E_0$ ) – на 13,2 %.

**Результаты и обсуждение.** Исследованиями выявлено, что расход воды на создание единицы сухого вещества у кукурузы зависел в большей мере от фона минерального питания, затем от продуктивности гибрида и влагообеспеченности посева в разные годы (таблица 1). Так, в среднем по гибридам за 3 года наименьшее количество воды на единицу абсолютно сухой биомассы израсходовано на самом высоком фоне минерального питания, где потенциальная урожайность (ПУ) рассчитывалась с КПД ФАР 3,5 %.  $K_{в \text{ биол.}}$  составил 236,5 мм х га/ц. Наоборот, самое большое количество воды (434,6 мм х га/ц) затрачено на формирование абсолютно сухой

биомассы на самом низком 6 фоне, где удобрения вносились на КУ<sub>БП</sub> (43,8 т/га зеленой массы).

Наиболее экономным расходом воды на формирование урожая абсолютно сухой биомассы на всех фонах минерального питания отличались гибриды Анжела и ЛГ 30189. Самое минимальное количество воды ими израсходовано на 4 фоне, где удобрения вносились на ПУ с КПД ФАР 3,5 %.  $K_{в \text{ биол.}}$  равнялся у гибрида Анжела – 185,4, у ЛГ 30189 – 188,5 мм х га/ц, он был меньше, чем в контроле (Каскад 195 СВ), на 27,7 и 26,5 %.

Менее экономным расходом воды на создание единицы абсолютно сухой биомассы характеризовался гибрид Родник 180 СВ. Наибольший  $K_{в \text{ биол.}}$  у него отмечен на самом низком фоне (6-ом), где он составил 550,6 мм х га/ц. Таким образом,  $K_{в \text{ биол.}}$  варьировал по фонам и гибридам от 185,4 до 550,0 мм х га/ц.

Таблица 1

Коэффициенты водопотребления гибридов кукурузы на разных фонах минерального питания (в среднем за 2016 – 2018 гг)

Фон, ПРУ	Гибриды					В среднем
	Каскад 195 СВ	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ	
$K_{в \text{ биологические}}$ , мм х га / ц						
1. ПУ с 2 % КПД ФАР	410,8	319,7	340,3	399,9	468,9	387,9
2. ПУ с 2,5 % КПД ФАР	350,5	276,2	267,3	331,9	407,1	326,6
3. ПУ с 3,0 % КПД ФАР	313,2	218,1	221,5	295,4	334,0	276,4
4. ПУ с 3,5 % КПД ФАР	256,4	185,4	188,5	244,6	307,4	236,5
5. КУ <sub>В</sub>	358,7	272,3	252,3	286,2	384,0	310,7
6. КУ <sub>БП</sub>	449,7	373,3	377,7	421,7	550,6	434,6
В среднем	356,6	274,2	274,6	330,0	408,7	342,4

При программировании урожайности значительный интерес представляют товарные коэффициенты водопотребления –  $K_{в \text{ тов.}}$  (Каюмов, 1989). Они определяются как расход воды на формирование единицы урожая товарной продукции (зерна, клубней, корнеплодов). Для кукурузы, выращиваемой на силос,  $K_{в \text{ тов.}}$  рассчитываются на единицу урожая зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна. Исследованиями выявлены те же закономерности влияния фона минерального питания, гибрида и климатических условий года на  $K_{в \text{ тов.}}$  (рисунок 1 - 3). Усиление фона минерального

питания снижало расход воды в расчете на 1 ц зеленой массы. Так, на самом высоком фоне, где удобрения вносились в расчете на потенциальный урожай с КПД ФАР 3,5 %,  $K_{в\ тов.}$ , в среднем по гибридам за 3 года был (65,7 мм х га/ц) почти в 2 раза меньше, чем на самом низком фоне, где удобрения вносились на  $K_{УБП}$  (122,0 мм х га/ц) (рисунок 1). Самым низким расходом воды на формирование 1 ц зеленой массы отличался гибрид ЛГ 30189, у которого получен самый высокий урожай зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна. Наименьший  $K_{в\ тов.}$  (48,8 мм х га/ц) в опыте отмечен на 4 фоне именно у гибрида ЛГ 30189 (рисунок 2).

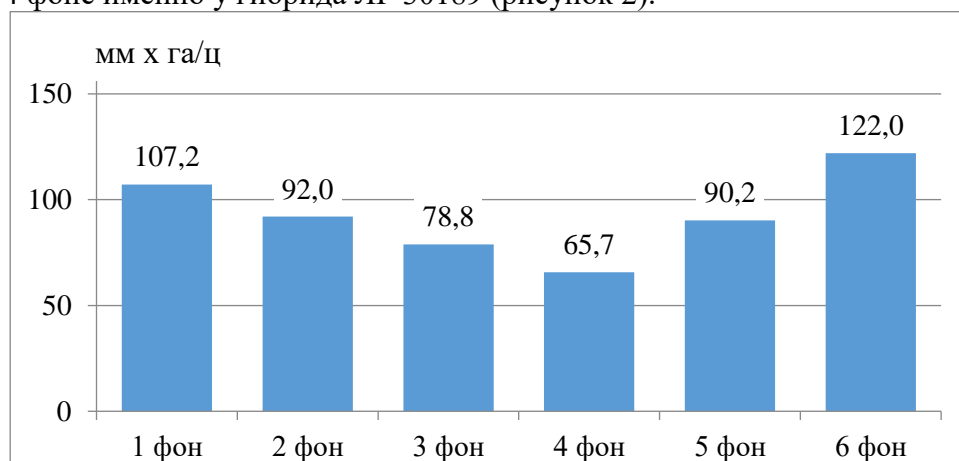


Рис. 1. Изменение  $K_{в\ тов.}$  кукурузы по фонам минерального питания, в среднем по гибридам, среднее за 2016–2018 гг.

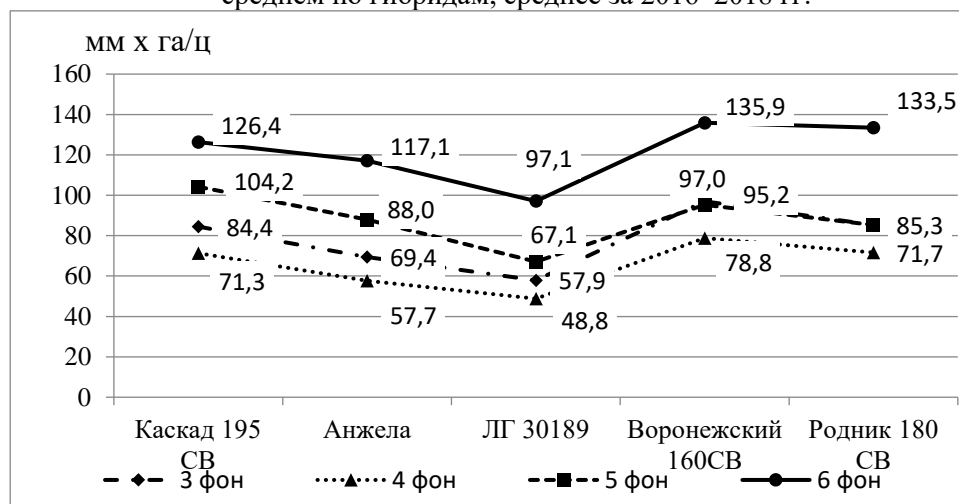


Рис. 2. Изменение  $K_{в\ тов.}$  гибридов кукурузы на разных фонах минерального питания, среднее за 2016–2018 гг.

Условия увлажнения также оказали влияние на расход воды на формирование урожая зеленой массы гибридов кукурузы (рисунок 3). В засушливые годы все гибриды отличались более экономным расходом воды на создание урожая. Разница в показателях  $K_{в\ тов.}$  достигла у отдельных гибридов (Воронежский 160 СВ) 38,5 мм х га/ц на самом низком фоне и 18,2 мм – на самом высоком, что составило 25,9 и 20,7%.

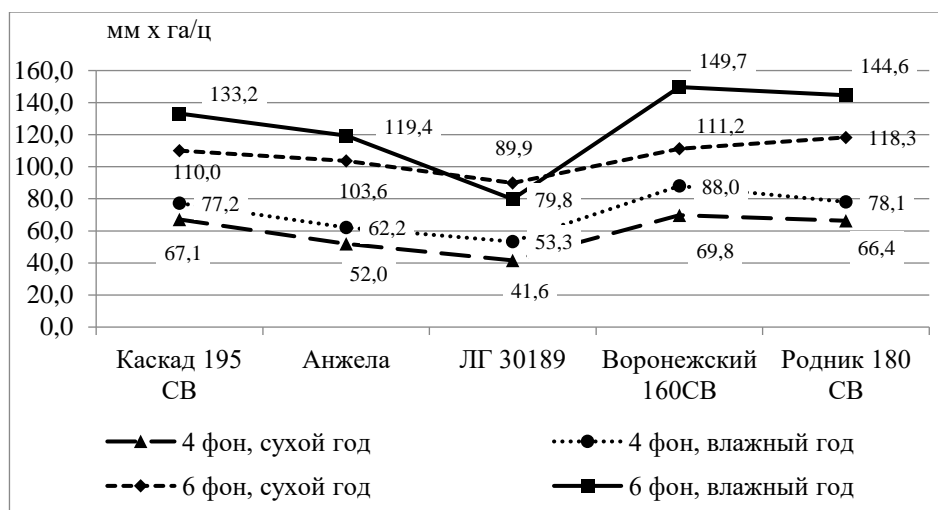


Рис. 3. Изменение  $K_{в\ тоv.}$  гибридов кукурузы в сухой и влажный годы на 4 и 6 фоне

Снижение расхода воды на формирование урожая является адаптивным свойством гибридов, их ответной реакцией на дефицит влаги, благодаря которой существенно не изменился ход продукционного процесса. Урожайность в сухой 2016 г. большинства гибридов сохранилась на уровне влажного 2018 г., а на высоком фоне была несколько выше (рис. 4).

К числу достоинств кукурузного растения, обуславливающих его способность формировать высокопродуктивные посевы, относится высокая фотосинтетическая активность. У растений  $C_4$  типа, к которым относится кукуруза, чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) обычно равна 4 – 5 г/м<sup>2</sup> х сутки, у  $C_3$  - растений она не больше 2 г/м<sup>2</sup> х сутки.

Наши исследования показали, что ЧПФ у всех гибридов и на всех фонах была высокой и сохраняла свои значения в разных условиях увлажнения (таблица 2). Снижение суммарного водопотребления на 62,6 мм продуктивной влаги в 2018 году не оказало существенного влияния на фотосинтетическую продуктивность.



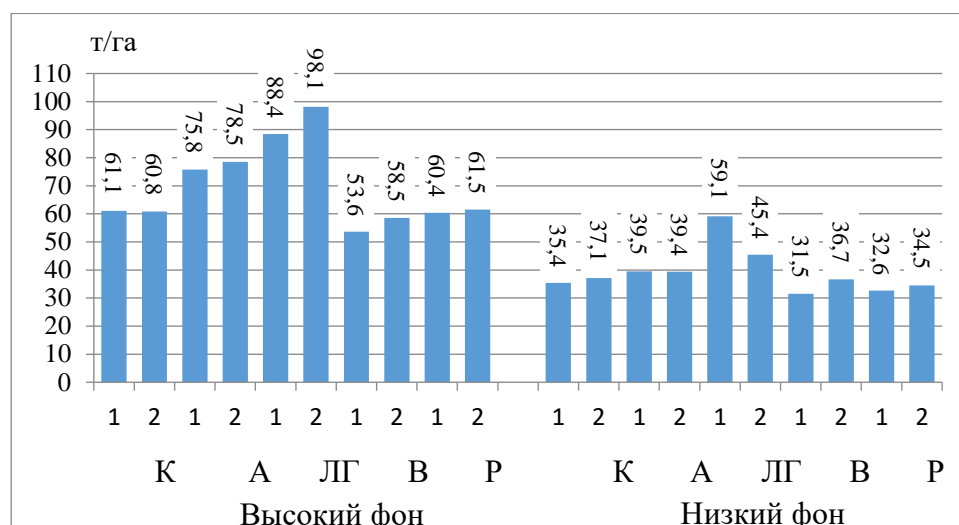


Рис. 4. Урожайность гибридов кукурузы во влажный (1) и сухой (2) годы на высоком и низком фонах минерального питания (НСР<sub>05</sub>, т/га: частн.разл. – 10,03; по А – 4,09; по В – 4,48): К - Каскад 195 СВ, А - Анжела, Л - ЛГ 30189, В - Воронежский 160СВ, Р - Родник 180 СВ

Таблица 2

Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы на программированных фонах минерального питания в разные годы, г/м<sup>2</sup> x сутки, средняя за вегетацию

Фон, ПРУ	Год	Гибриды				
		Каскад 195 СВ	Анжела	ЛГ 30189	Воронежский 160СВ	Родник 180 СВ
1. ПУ с 3,5 % КПД ФАР	Влажный	5,46	6,20	5,09	6,38	4,77
	Сухой	5,50	6,17	5,08	6,36	4,78
2. КУ <sub>В</sub>	Влажный	5,58	6,26	5,17	6,43	4,84
	Сухой	5,60	6,21	5,14	6,39	4,84
3. КУ <sub>БП</sub>	Влажный	5,18	5,80	4,78	5,93	4,33
	Сухой	5,18	5,91	4,76	5,92	4,47

Примечание. Влажный год: W = 471,5 мм, K<sub>увл.</sub> – 0,92, сухой: W = 408,9 мм; K<sub>увл.</sub> – 0,69.

Наиболее высокой ЧПФ отличались гибриды Анжела и Воронежский 160СВ, которые характеризовались наибольшим содержанием абсолютно сухого вещества в зеленой массе. В среднем по фонам оно составило у Анжелы 31,58 %, у Воронежского 160СВ 32,58 %. У гибридов с более низким содержанием сухого вещества в зеленой массе – ЛГ 30189 (25,28 %) и Родник (24,24 %) ЧПФ имела меньшие показатели, чем у других гибридов.

**Заключение.** Кукуруза отличается более экономным расходом воды на создание единицы сухого вещества, чем другие возделываемые в регионе культуры. Более продуктивные гибриды Анжела и ЛГ 30189 на высоком фоне минерального питания расходуют наименьшее количество влаги на накопление единицы абсолютно сухой биомассы.  $K_{в \text{ биол.}}$  у них равен 185,4 и 188,5 мм х га/ц, а  $K_{в \text{ тов.}}$  – 57,7 и 48,8 мм х га/ц.

Расход воды на формирование урожайности у кукурузы зависит от фона минерального питания, продуктивности и адаптивных свойств гибридов и, в меньшей мере от условий увлажнения. Повышение фона минерального питания снижало  $K_{в \text{ биол.}}$  в 1,8 раза, посев высокопродуктивных гибридов – в 1,5 раза, а улучшение влагообеспеченности ( $K_{в \text{ биол.}}$  с 0,69 до 0,92) – на 20,7 – 25,9 %.

В условиях недостаточного увлажнения кукуруза более экономно расходовала влагу и не снижала фотосинтетическую продуктивность посева. Чистая продуктивность фотосинтеза в сухие годы остается высокой – на уровне ЧПФ в годы с нормальным увлажнением. Более высокой ЧПФ отличаются гибриды Анжела (5,91 – 6,26 г/м<sup>2</sup> х сутки) и Воронежский 160СВ (5,92 – 6,43 г/м<sup>2</sup> х сутки).

Максимальную урожайность сформировал гибрид ЛГ30189 в сухой 2018 г., когда было собрано 98,1 т/га зеленой массы с початками в молочно – восковой спелости зерна.

При программировании высокой урожайности (с КПД ФАР 3,0 – 3,5 %) гибридов кукурузы типа Анжела и ЛГ30189 нужно использовать  $K_{в \text{ биол.}}$  на уровне 200 мм х га/ц,  $K_{в \text{ тов.}}$  – 50 – 60 мм х га/ц. Для других гибридов при программировании урожайности с КПД ФАР 2,0 – 2,5 % более приемлемыми являются  $K_{в \text{ биол.}}$  – 330 – 360 и  $K_{в \text{ тов.}}$  – 100 – 110 мм х га/ц.

### **Список литературы**

- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2017 // Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 483 с.*
- Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, 2010 // Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120. Режим доступа: <http://mcx.ru/documents/document/show/14856.19.htm>.*
- Калашиников В.И., Фисинин В.И. 2003. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / Справочное пособие. М. 456 с.*
- Каюмов М.К. 1989. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат. 320 с.*
- Корниенко А.П. 2015. Кукуруза // Растениеводство: учебник. НИЦ ИНФРА-М. С.239-249.*
- Кузнецов, Вл.В., Дмитриева Г.А. 2006. Физиология растений. / Учебник. – М.Высш.шк. 742 с.*

- Муха В.Д., Кочетов И.С., Муха Д.В.* 1994. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур: учебное пособие. М.: МСХА. 252 с.
- Нирчипорович А.А.* 1966. Фотосинтез и урожай. М.: Знание, 1966. 48 с.
- Усанова З.И.* 1999. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов полевых культур. Тверь: ТГСХА. 330 с.
- Усанова З.И.* 2015. Методика выполнения научных исследований по растениеводству / Учебное пособие. Тверь: Тверская ГСХА. 143 с.
- Усанова З.И., Байбакова Ю.В.* 2009. Формирование высокопродуктивных агроценозов топинамбура: особенности минерального питания, удобрение. Тверь: АгросфераА Тверской ГСХА. 159 с.
- Усанова З.И., Васильев А.С.* 2014. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов овса посевного в условиях Центрального Нечерноземья. Тверь: Тверская ГСХА. 324 с.
- Усанова З.И., Самотаева Н.В., Филин В.В.* 2013. Теория и практика создания высокопродуктивных посадок картофеля в Центральном Нечерноземье / Монография. Тверь: ООО Издательство «Триада». 528 с.
- Усанова З.И., Фаринюк Ю.Т., Павлов М.Н.* 2018. Реализация биологического потенциала различных гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. № 1. С. 183-193.
- Филин В.И.* 2014. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. № 3 (35). С. 26-36.
- Шатилов И.С., Чудновский А.Ф.* 1980. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая (принципы АСУТП в земледелии). Л.: Гидрометиздат. 320 с.
- Шнаар Д.* 2014. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование). М.: ООО «ДЛВ Агродело», 2014. 390 с.
- Ehlers W.* 1996. Wasser in Boden and Pflanze: Dynamik des Wasserhaushaltes als von Pflanzenwachstum and Ertrag. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 272 p.
- Geisler G.*, 1983. Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Paray, Berlin und Hamburg. 480 p.
- Keller E.R., Hanus H., Heyland K.Y* (Hrsg.). 1997. Handbuch des Pflanzenbaus Bd. Grundlagen des Pflanzenbaues Gebundenes Buch. 750 p.

## **WATER CONSUMPTION OF MAIZE DURING PROGRAMMED CULTIVATION IN THE UPPER VOLGA REGION**

**Z.I. Usanova, P.I. Migulev**  
Tver State Agricultural Academy, Tver

Here we present the results of studies of water consumption of plants of 5 corn hybrids on 6 variants of mineral nutrition, conducted in 2016–2018 in a two-factor field experiment on sod-medium-podzolic light loamy soil of the Tver region. In the experiment, we studied the variants of mineral nutrition

(factor A), where organic fertilizers (bedding cattle manure) were applied in calculated doses (70–150 t / ha) to the programmed yield levels (the lack of manure of NPK elements was compensated by mineral fertilizers); maize hybrids (factor B): Cascade 195 CB, control; Angela; LG 30189; Voronezh 160CB; Rodnik 180SV. Programmable levels (categories) of crops: potential (PU) with the efficiency of HEADLIGHTS 2.0; 2.5; 3.0; 3.5%; climatically secured crop in terms of moisture conditions (TOS); and on biohydrothermal productivity potential (OASP). We revealed that the smallest amount of water to create a unit of absolutely dry biomass (Kv.biol.) spend highly productive hybrids Angela and LG 30189 when programming a crop with PAR efficiency of 3.5% (185.4 and 188.5 mm x ha / c). They consume less water than other hybrids per unit of production (green mass with cobs in the milky-wax ripeness of the grain) (sq. Ton.) - 57.7 - 48.8 mm x ha / c. in dry years. Corn reduces water consumption for the creation of dry biomass: by 20.7 - 25.9%, growing on high backgrounds - by 1.8 times, and sowing highly productive hybrids - by 1.5 times. The economical use of moisture by corn is due to the high value of the net photosynthesis productivity indicator, which remains stable in many years. The maximum yield of green mass with cobs in a milky-wax ripeness of grain was formed by a hybrid LG 30189 (98.1 t / ha) in dry 2018, on the highest background of mineral nutrition.

**Keywords:** *corn, maize, hybrids, mineral nutrition background, water consumption coefficients, yield, net photosynthesis productivity.*

*Об авторах:*

УСАНОВА Зоя Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры технологии производства, переработки и хранения продукции растениеводства, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь ул. Василевского (Сахарово) д. 7. e-mail: rastenievodstvo@mail.ru

МИГУЛЕВ Павел Иванович – экстерн, врио. ректора, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь ул. Василевского (Сахарово) д.7. e-mail: mail@tvgha.ru.

Усанова З.И. Водопотребление кукурузы при программированном выращивании в условиях Верхневолжья / З.И. Усанова, П.И. Мигулев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2019. № 2(54). С. 132-143.