

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСПЕЛОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ И СРОКОВ СЕВА

А. З. БОГДАНОВ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: corn.2019@yandex.ru

(Поступила в редакцию 03.01.2022)

По результатам трехлетних исследований (2019–2021 гг.) показано влияние погодных условий вегетационного года, генотипа и/или скороспелости гибрида, срока сева и густоты стояния растений на длину, ширину, количество и площадь листьев на 1 растении кукурузы и ее листовой индекс. Установлено, что наибольшее варьирование длины листьев кукурузы отмечается в зависимости от скороспелости гибрида ($v = 4,0\%$). Ширина листьев в большей степени зависит от плотности стеблестоя ($v = 4,3\%$), количество листьев на 1 растении – от погодных условий вегетационного года ($v = 4,5\%$), площадь листьев на 1 растении – от комплекса факторов: густоты стояния растений ($v = 7,5\%$), скороспелости гибрида ($v = 7,7\%$) и погодных условий ($v = 7,9\%$). Густота стояния растений кукурузы оказывает наиболее значимое влияние на листовой индекс ($v = 18,7\%$), который при увеличении плотности стеблестоя с 70 до 130 тыс. растений на 1 га изменяется в пределах 3,5–5,5. Скороспелость гибридов с числом ФАО 210–250 является вторым значимым признаком по влиянию на листовой индекс, который изменяется в пределах 4,1–4,8 соответственно ($v = 7,9\%$). Разница в сроках сева в 2 недели незначительно изменяет листовой индекс, который в среднем по трем гибридам и четырем вариантам густоты стояния растений колеблется в пределах 4,4–4,5 при варьировании данного признака 1,6 %.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, срок сева, ФАО, густота стояния растений, листовой индекс.

Based on the results of three-year studies (2019–2021), the influence of weather conditions of the growing year, genotype and/or early maturity of the hybrid, sowing time and plant density on the length, width, number and area of leaves per 1 corn plant and its leaf index is shown. It has been established that the greatest variation in the length of corn leaves is observed depending on the early maturity of the hybrid ($v = 4.0\%$). The width of the leaves largely depends on the stem density ($v = 4.3\%$), the number of leaves per 1 plant depends on the weather conditions of the growing year ($v = 4.5\%$), the area of leaves per 1 plant depends on a complex of factors: crop density ($v = 7.5\%$), early maturity of the hybrid ($v = 7.7\%$) and weather conditions ($v = 7.9\%$). The standing density of corn plants has the most significant effect on the leaf index ($v = 18.7\%$), which, with an increase in the stem density from 70 to 130 thousand plants per 1 ha, changes within 3.5–5.5. The early maturity of hybrids with FAO number 210–250 is the second significant sign in terms of its effect on the leaf index, which varies within 4.1–4.8, respectively ($v = 7.9\%$). The difference in sowing time of 2 weeks slightly changes the leaf index, which, on average, for three hybrids and four variants of plant density ranges within 4.4–4.5 with a variation of this trait of 1.6 %.

Key words: corn, hybrid, sowing time, FAO, plant density, leaf index.

Введение

Кукуруза, зеленая масса которой позволяет получать высококачественный силос, является одной из самых важных культур в кормопроизводстве [1, 2]. Урожай кукурузы во многом обусловлен физиологией фотосинтеза (C-4-цикл), большой площадью листьев, а также высокой плотностью проводящей сети в них [3, 4, 5].

При оценке фотосинтеза важную роль играют количество и площадь листьев. Последняя определяет такой показатель как «листовой индекс». Для благоприятного развития и продуктивности индекс должен составлять от 3 до 5 (на 1 м² поля 3–5 м² листовой поверхности) [6, 7].

По данным П. Шульца, площадь ассимиляции одного растения была максимальной при 70 тыс. шт./га. По мере увеличения густоты посева данный показатель уменьшался, что объясняет взаимное затенение листовых пластин [7]. Также на площадь листьев как на одном растении, так и в пересчете на 1 га оказывает влияние скороспелость гибрида. По данным Н. Л. Адаева, она увеличивалась от более скороспелого к более позднеспелому гибриду [8].

Основная часть

Опыт проводился в 2019–2021 гг. на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: рН – 6,11, гумус – 2,55 %, P₂O₅ – 193 мг/кг, K₂O – 276 мг/кг. Подготовка почвы включала дискование после уборки кукурузы, зяблевую вспашку, весной – дискование и предпосевную культивацию АКШ. В опыте применялись: осенью под вспашку навоз КРС (в среднем за годы исследований 53 т/га), аммонизированный суперфосфат (1,5 ц/га), хлористый калий (2 ц/га), весной под первую обработку – карбамид (2,75 ц/га). Объектом исследований выступали гибриды ДН Пивиха (ФАО 210), Полесский 202 (ФАО 230) и ДН Галатея (ФАО 250), которые высевались в 2 срока: 1) ранний – при сумме положительных температур 200–250 °С, что совпадает с появлением бут-

нов у крыжовника (20 апреля в 2019–2020 гг. и 23 апреля в 2021 г.) и 2) оптимальный – через 2 недели после первого срока.

Учеты листовой поверхности проводились через 5–10 дней после цветения початков, которое приходилось на конец июля–начало августа. Среднесуточная температура воздуха с мая по июль в 2019 г. составила 17,3 °C (+1,4 °C к норме), в 2020 г. – 16,1 °C (+0,2 °C), в 2021 г. – 18,1 °C (+2,2 °C), в том числе в июле, когда отмечается наибольший прирост листовой поверхности кукурузы, – 17,0 °C (–1,3 °C), 17,8 °C (–0,5 °C), 22,6 °C (+4,3 °C) соответственно. Количество осадков с мая по июль в 2019 г. равнялось среднегодовому показателю (228 мм), в 2020 г. оно превышало норму на 26 %, в 2021 г. – на 15 %. В июле 2019 г. осадков выпало на 21 % больше нормы, а в 2020 и 2021 г. их было соответственно на 5 % и 61 % меньше нормы. Следовательно, погодные условия 2020 г. были более близкими к норме, а 2021 г. следует считать экстремальным и наименее благоприятным для формирования урожая в целом и листовой поверхности в частности.

Исследования осуществлялись в соответствии с методикой полевого опыта и методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [9, 10].

Изучение листовой поверхности кукурузы показало, что на ее параметры оказывают влияние погодные условия года, генотип и/или скороспелость гибрида, срок сева и густота стояния растений. Так, в 2019 г. средняя длина листьев на одном растении в среднем по трем гибридам, двум срокам сева и четырем вариантам густоты стояния растений составила 67,5 см, в 2020 г. – 69,5 см и в 2021 г. – 68,4 см (табл. 1). Варьирование данного признака – незначительное и составляет 1,5 %. Более заметные изменения в длине листьев отмечаются по гибридам. Например, гибрид ДН Пивиха (ФАО 210) в среднем за три года по двум срокам уборки показал длину листьев 66,2 см, Полесский 202 (ФАО 230) – 67,8 см, ДН Галатея (ФАО 250) – 71,5 см. Следовательно, у более поздних гибридов длина листьев большая относительно скороспелых, что в общем соответствует их габитусу, а варьирование этого показателя – большее (4,0 %). Разница в сроке сева в две недели оказывает совсем незначительное влияние на длину листьев у растений кукурузы ($v = 1,0$ %), которая на 1,0 см больше при раннем севе.

Таблица 1. Линейные размеры листовой поверхности гибридов кукурузы в годы исследований в зависимости от сроков сева, см

	Срок сева	Длина				Ширина			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
ДН Пивиха	3 декада апреля	65,4	66,2	68,1	66,6	7,7	7,7	7,9	7,8
	1 декада мая	63,8	67,8	65,8	65,8	7,6	7,8	7,7	7,7
Полес-ский 202	3 декада апреля	68,6	69,3	66,0	68,0	8,0	8,4	7,4	7,9
	1 декада мая	66,2	69,3	67,2	67,6	8,1	8,3	7,6	8,0
ДН Галатея	3 декада апреля	71,1	73,0	72,7	72,3	7,9	8,3	8,2	8,1
	1 декада мая	70,0	71,5	70,7	70,7	8,1	8,2	7,7	8,0

Ширина листьев у кукурузы также, как и их длина, незначительно изменяется под действием погодных условий. Например, средняя ширина листьев на одном растении в среднем по трем гибридам, двум срокам сева и четырем вариантам густоты стояния растений в 2019 г. составила 7,9 см, в 2020 г. – 8,1 см и в 2021 г. – 7,8 см (варьирование – 1,9 %). Такое же варьирование получено и по гибридам, где ширина листьев возрастала с 7,75 до 8,05 см от раннего к более позднему. Срок сева не оказывал никакого влияния на ширину листьев, которая в среднем по каждому из них составила 7,9 см.

Загущение посевов с 70 до 130 тыс. растений на 1 га также не приводило к заметному изменению длины листьев на растении кукурузы (рис. 1). Например, в среднем по трем гибридам и двум срокам сева при густоте стояния растений 70 тыс./га средняя длина листьев на 1 растении составляла 68,8 см, при 90 и 110 тыс. – по 68,6 см и при 130 тыс./га – 68,0 см. Таким образом, коэффициент вариации составил 0,5 %. Иная картина отмечается по ширине листьев. Так, в среднем по трем гибридам и двум срокам сева при густоте стояния растений 70 тыс./га средняя ширина листьев на 1 растении составляла 8,3 см, при 90 тыс. – 8,0 см, при 110 тыс. – 7,8 см и при 130 тыс./га – 7,5 см. Это самое большее варьирование признака среди вышеописанных, составившее 4,3 %, хотя его тоже следует считать незначительным.

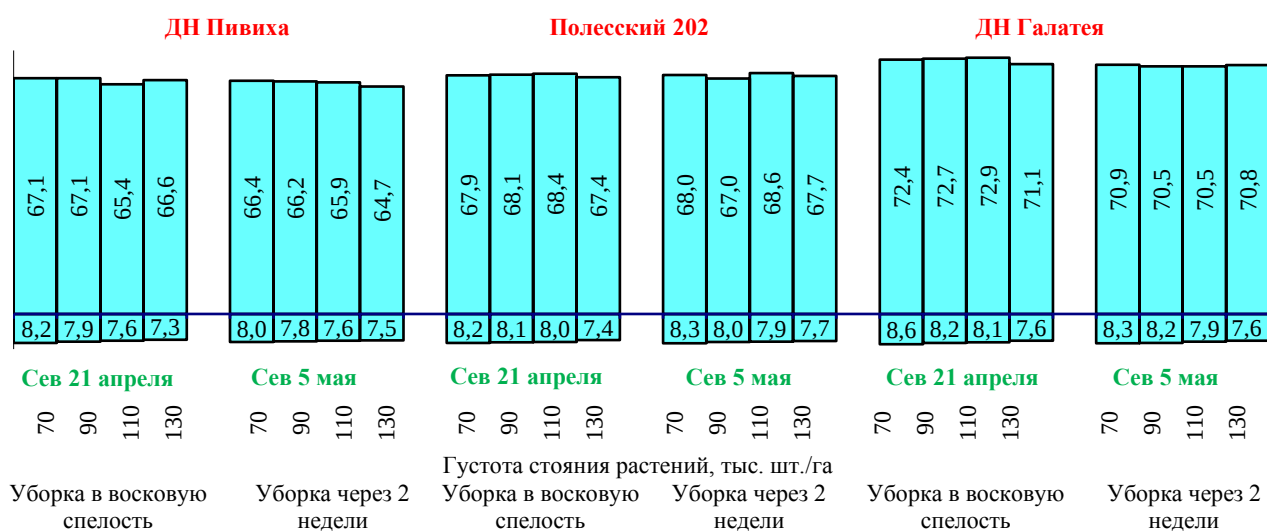


Рис. 1. Линейные размеры листьев кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния различных гибридов кукурузы, см, среднее за 2019–2021 гг. (в верхней части – длина, в нижней – ширина)

При том, что количество листьев на 1 растении определяется генотипом, погодные условия и изучаемые элементы технологии также оказывали влияние на данный показатель. Отмечено ежегодное закономерное снижение количества листьев на одном растении при загущении посева с 70 до 130 тыс. растений на 1 га (табл. 2).

Таблица 2. Количество листьев на 1 растении кукурузы в зависимости от генотипа гибрида, густоты стеблестоя и сроков сева, шт.

Срок сева	Густота стеблестоя, тыс./га	ДН Пивиха				Полесский 202				ДН Галатея			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
3 декада апреля	70	11,0	12,0	10,1	11,0	11,6	11,8	11,2	11,5	11,2	11,8	10,8	11,3
	90	10,8	11,5	9,8	10,7	11,4	11,6	10,8	11,3	11,0	11,6	10,9	11,2
	110	10,5	11,9	9,4	10,6	11,3	11,2	10,6	11,0	10,9	11,6	10,6	11,0
	130	10,3	11,2	9,3	10,3	11,2	10,8	10,6	10,9	10,6	11,0	10,4	10,7
	<i>среднее</i>	10,6	11,7	9,7	10,7	11,4	11,4	10,8	11,2	10,9	11,5	10,7	11,0
1 декада мая	70	12,0	12,2	10,8	11,7	12,2	12,2	11,8	12,1	11,6	12,0	11,8	11,8
	90	10,7	12,0	10,6	11,1	11,9	12,0	11,9	11,9	11,3	11,8	11,6	11,6
	110	10,5	12,0	9,8	10,8	11,8	11,8	11,5	11,7	11,1	11,7	11,4	11,3
	130	10,4	11,8	9,2	10,5	11,2	11,5	10,9	11,2	10,9	11,2	11,0	11,0
	<i>среднее</i>	10,9	12,0	10,1	11,0	11,8	11,9	11,5	11,7	11,2	11,7	11,5	11,4

Коэффициент корреляции в среднем по трехлетним данным в зависимости от генотипа гибрида и срока сева колеблется от -0,97 до -0,99. В среднем по трем гибридам и двум срокам сева количество листьев при 70 тыс./га растений составило 11,6 шт., при 90 тыс. – 11,3, при 110 тыс. – 11,1 и при 130 тыс. – 10,8 шт. на одно растение при коэффициенте варьирования 3,0 %. Большее количество листьев на одном растении в среднем по трем гибридам, двум срокам сева и четырем вариантам густоты стеблестоя отмечено в 2020 г. (11,7 шт.), наименьшее – в 2021 г. (10,7). Данный показатель варьирует в пределах 4,5 %. Среди трех гибридов наиболее облиственным оказался Полесский 202 (в среднем 11,45 листьев на 1 растении), затем следует ДН Галатея (11,2 шт.) и завершает ДН Пивиха с 10,85 шт./растение. Варьирование данного показателя по гибридам составило 2,7 %. При раннем сроке сева в среднем на одном растении насчитывалось 11 листьев, а при оптимальном для теплолюбивой культуры – 11,4 шт., коэффициент варьирования при этом составил 2,5 %.

Длина и ширина листьев в совокупности с их количеством позволили вычислить площадь листьев на одном растении, которая более значительно изменялась под влиянием условий года. Например, в 2019 г. средняя площадь листьев на одном растении в среднем по трем гибридам, двум срокам сева и четырем вариантам густоты стояния растений составила 44,6 дм², в 2020 г. – 49,5 дм² и в 2021 г. – 42,5 дм² с варьированием данного признака 7,9 % (табл. 3). Несколько меньше варьирование (7,7 %) отмечено по гибридам, где ДН Пивиха показала 41,6 дм², Полесский 202 – 46,4 дм², ДН Галатея – 48,4 дм²/растение. Сроки сева оказали самое малое влияние на площадь листьев на 1 растении, которая в среднем соответственно хронологическому порядку равнялась 45 и 46 дм при варьировании этого показателя 1,6 %.

Таблица 3. Площадь листовой поверхности гибридов кукурузы в годы исследований в зависимости от их скороспелости и сроков сева, $\text{дм}^2/\text{растение}$

Гибрид	Срок сева	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
ДН Пивиха, ФАО 210	3 декада апреля	40,3	44,7	38,8	41,3
	1 декада мая	39,8	47,9	38,7	42,0
Полесский 202, ФАО 230	3 декада апреля	46,7	49,3	39,7	45,1
	1 декада мая	47,2	50,9	44,2	47,4
ДН Галатея, ФАО 250	3 декада апреля	46,3	52,1	47,6	48,7
	1 декада мая	47,8	51,2	46,9	48,7

Варьирование площади листьев на одном растении в зависимости от густоты стеблестоя составляет 7,5 %, что близко к влиянию на этот показатель погоды и генотипа гибрида. Так, в среднем по трем гибридам и двум срокам сева площадь листьев на одном растении в среднем за 3 года исследований составила $49,4 \text{ дм}^2$ при густоте стояния растений 70 тыс./га, $46,7 \text{ дм}^2$ – 90 тыс., $44,7 \text{ дм}^2$ – 110 тыс. и $41,3 \text{ дм}^2$ при густоте 130 тыс./га (рис. 2). Обратная картина наблюдается по площади листьев в расчете на 1 га, которая по всем трем гибридам возрастала соответственно увеличению числа растений на единице площади посева. Варьирование данного показателя, в отличие от описанных выше, имеет среднюю изменчивость и составляет 18,7 %. А сроки сева по-прежнему являются малозначимым фактором по влиянию на листовую поверхность кукурузы в расчете на 1 га при варьировании данного показателя 1,6 % и средних абсолютных величинах 44,4 и 45,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.



Рис. 2. Площадь листьев в зависимости от сроков сева и густоты стояния различных гибридов кукурузы, среднее за 2019–2021 гг. (в верхней части – площадь на 1 растении, дм^2 , в нижней – тыс. $\text{м}^2/\text{га}$)

На рис. 3 показана линейная зависимость с сильной корреляционной связью площади листьев кукурузы от густоты стояния растений на 1 га посева, которая выражается уравнением:

$$y = -0,0018x^2 + 0,686x - 4,6437,$$

где y – площадь листьев, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$,

x – густота стояния растений, тыс. шт./га.

Площадь листьев находится также в сильной корреляционной связи со скороспелостью гибрида (рис. 4).

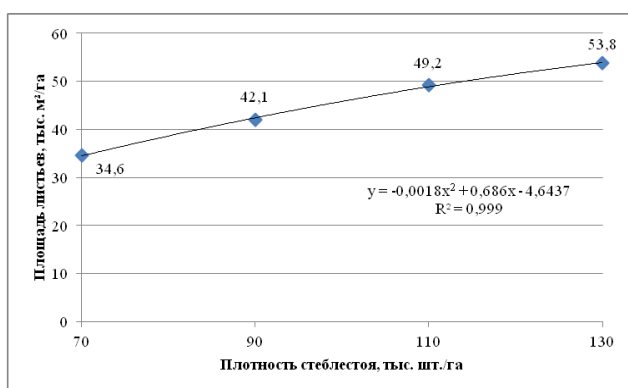


Рис. 3. Изменение площади листьев кукурузы в зависимости от густоты стеблестоя

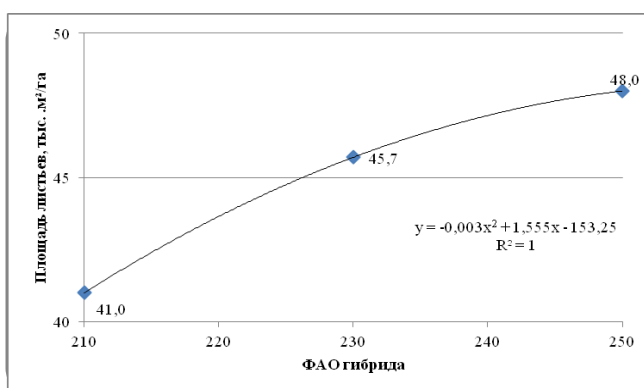


Рис. 4. Изменение площади листьев кукурузы в зависимости от скороспелости гибрида

Уравнение регрессии при этом выражается формулой: $y = -0,003x^2 + 1,555x - 153,25$,

где y – площадь листьев, тыс. м²/га,

x – скороспелость гибрида, выраженная числом ФАО.

Заключение

1. Наибольшее варьирование длины листьев кукурузы отмечается под влиянием скороспелости гибридов ($v = 4,0 \%$). Ширина листьев в большей степени зависит от плотности стеблестоя ($v = 4,3 \%$), количество листьев на 1 растении – от погодных условий вегетационного года ($v = 4,5 \%$), площадь листьев на 1 растении – от густоты стояния растений ($v = 7,5 \%$), скороспелости гибрида ($v = 7,7 \%$) и погодных условий ($v = 7,9 \%$).

2. Густота стояния растений кукурузы оказывает наиболее значимое влияние на листовой индекс ($v = 18,7 \%$), который изменяется в пределах 3,5–5,5 при увеличении плотности стеблестоя с 70 до 130 тыс. растений на 1 га.

3. Скороспелость гибридов с числом ФАО 210-250 является вторым значимым признаком по влиянию на листовой индекс, который изменяется в пределах 4,1–4,8 соответственно ($v = 7,9 \%$).

4. Разница в сроках сева в 2 недели не оказывает заметного изменения листового индекса, который в среднем по трем гибридам и четырем вариантам густоты стояния растений колеблется в пределах 4,4–4,5 ($v = 1,6 \%$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов, Н. А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции / Н. А. Кириллов, Е. А. Соколова // Аграрная Россия. – 2019. – № 6. – С. 29–33.
2. Тарануха, В. Г. Сравнительная оценка гибридов кукурузы по урожайности зеленой массы и сухого вещества / В. Г. Тарануха, Э. Д. Бичан // Сборник статей по материалам VII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора М. Е. Николаева: Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. / Белорус. гос. с.-х. академия ; редкол.: Трапков С. И. [и др.] – Горки. – 2016. – С. 216–218.
3. Иващенко, А. И. Кукуруза в Любанском районе стала важной зерновой и кормовой культуре / А. И. Иващенко // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №9. – С. 34–38.
4. Кравченко, Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья: монография / Р. В. Кравченко. – Ставрополь, 2010. – 208 с.
5. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. В. А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
6. Войнов, О. А. Поборемся за листовой индекс / О. А. Войнов // Зерно. – 2012. – № 1. – С. 30–32.
7. Шульц, П. Экономическая и энергетическая оценка минимизации обработки почвы под кукурузу / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2021. – №3. – С. 90–94.
8. Адаев, Н. Л. Агробиологические основы реализации биоресурсного потенциала кукурузы в Центральной части Северного Кавказа: дис. ... д-ра. биол. наук: 03.02.14 / Н. Л. Адаев. – Грозный, 2016. – 321 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Колос. – 1985. – 351 с.
10. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Днепропетровск. – 1980. – 54 с.