

Содержание сухого вещества в различных органах растений кукурузы под влиянием абиотических и антропогенных факторов

А. З. Богданов, научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 21.01.2022)

По результатам трехлетних исследований на трех гибридах (FAO 210, 230 и 250) показано влияние погодных условий, густоты стояния растений, сроков сева и уборки на содержание сухого вещества в листьях, стеблях, обертках, початках и в растениях кукурузы. Наиболее действенными факторами, влияющими на содержание сухого вещества в початках, являются густота стояния растений и срок уборки кукурузы на силос, в листьях и обертках – срок уборки и погодные условия года, в стеблях – генотип. Густота стояния растений (70–130 тыс. растений на 1 га) и срок сева с разницей в 2 недели, в отличие от срока уборки, оказывают незначительное влияние на содержание сухого вещества в растениях кукурузы.

Введение

Содержание сухого вещества (СВ) в растениях кукурузы – важный показатель качества силосного сырья, являющегося основой всего кормопроизводства при кормлении крупного рогатого скота в Республике Беларусь. Но это не означает, что чем его больше, тем питательнее корм [1]. При закладке силоса из кукурузы в полную спелость зерна хозяйства несут большие потери, поскольку к этому моменту листья высушаются, из них вымываются все растворимые сахара и белки, стебли одревесневают, и на них бурно развиваются микроорганизмы, вырабатывающие опасные для животных микотоксины [2]. Также следует отметить то, что при слишком ранней уборке кукурузы на силос (фазы молочной и начало молочно-восковой спелости) идет интенсивное развитие микробиологических процессов, что приводит к снижению активной кислотности, вследствие чего такой корм плохо поедается животными [3, 4]. По мнению французских ученых, оптимальная фаза уборки кукурузы на силос приходится на фазу молочно-восковой спелости, когда содержание сухого вещества в початке составляет 45–50 % [5]. А. М. Лапотко считает, что начинать уборку кукурузы на силос необходимо с конца молочно-восковой спелости и продолжать в течение восковой спелости зерна [6]. Согласно проведенным в условиях Среднего Урала исследованиям, наиболее продуктивными вариантами оказались те, которые в зеленой массе содержали 33–36 % СВ [7]. Большинство же отечественных и зарубежных авторов сходятся во мнении, что оптимальным

сроком уборки кукурузы на силос является содержание сухого вещества в растениях 28–35 %, в листостебельной массе – не более 24 % [2, 3, 8–13].

Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,11, гумус – 2,55 %, P_2O_5 – 193 мг/кг, K_2O – 276 мг/кг почвы. Подготовка почвы включала дискование после уборки кукурузы, зяблевую вспашку, весной – дискование и предпосевную культивацию АКШ. В опыте применяли: осенью под вспашку навоз КРС (в среднем за годы исследований 53 т/га), аммонизированный су-



Замеры высоты растения на опытном поле



Полноценный початок – половина сбора сухого вещества кукурузы

перфосфат (1,5 ц/га), хлористый калий (2 ц/га), весной под первую обработку – карбамид (2,75 ц/га). Объектом исследований выступали гибриды кукурузы ДН Пивиха (ФАО 210), Полесский 202 (ФАО 230) и ДН Галатея (ФАО 250), которые высевали в 2 срока: ранний – при сумме положительных температур 200–250 °С, что совпадает с появлением бутонов у крыжовника (20 апреля в 2019–2020 гг. и 23 апреля в 2021 г.) и оптимальный – через 2 недели после первого срока. Уборку урожая также проводили в 2 срока: при наступлении восковой спелости зерна и через 2 недели после первого срока.

Сравнительно благоприятным для формирования урожая кукурузы был 2019 г., однако ранние морозы (–2... –3 °С 24 и 25 сентября) привели к отмиранию листового аппарата, особенно у более поздних гибридов при обоих сроках сева и уборки. Наименее благоприятным оказался 2021 г., когда во второй половине вегетации в критический период развития растений (наступает за 10 дней до выметывания и продолжается около 40 дней) содержание влаги в пахотном слое почвы длительное время находилось на уровне мертвого запаса (6 %). Он пришелся на июль – первую декаду августа. При средней норме выпадения осадков в июле 87 мм в 2021 г. их сумма составила только 34,2 мм.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2019 г. составила 981 °С, в 2020 г. – 933 °С, а в 2021 г. – 1019,4 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь, по данным метеостанции Борисов, в 2019 г. выпало 384 мм осадков, в 2020 г. – 420 мм, в 2021 г. – 435 мм при норме 370 мм.

Исследования осуществляли в соответствии с методикой полевого опыта и методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [14, 15].

Результаты исследований и их обсуждение

При наступлении уборочной спелости силосной кукурузы початок содержит наибольшее количество сухого вещества относительно других частей растения. Например, наши исследования показали, что в среднем за 3 года исследований в восковой спелости зерна гибриды кукурузы ФАО 210–250 накопили в початках 46,7–48,6 % сухого вещества (рисунок 1). Варьирование (v) данного

показателя по трем гибридам составило 2,0 %, в то время как обертки при меньших абсолютных значениях, составивших 30,5–35,4 %, показали варьирование 7,6 %. Если у более скороспелого гибрида ДН Пивиха в початках было больше сухого вещества, то в обертках – наоборот. Следовательно, генетический фактор здесь играет важное значение.

В зависимости от погодных условий года в среднем по трем гибридам, двум срокам сева и уборки, четырем вариантам густоты стояния растений содержание сухого вещества в початке колебалось от 45,2 до 51,2 % (v = 6,5 %) и наибольшим было в 2019 г. В этот год сумма эффективных температур с мая по сентябрь находилась в пределах 981 °С. В 2020 и 2021 г. среднее содержание сухого вещества в початках было на одном уровне и составляло 46,7 и 45,2 % соответственно, хотя суммы эффективных температур в эти годы были разными – 933 °С и 1019,4 °С. Если влажность початков в 2020 г. соответствовала количеству полученного растением в этот год тепла в сравнении с 2019 г., то в 2021 г. при самой большой сумме эффективных температур содержание сухого вещества в початках выходило за пределы нормы. Данное явление можно объяснить крайне высокими дневными температурами в течение июля месяца при остром дефиците влаги в почве, когда растения находились в фазе цветения и формирования зерна. Такие погодные условия сильно задержали прирост початков, и в результате снизилась не только урожайность, но и их доля в урожае как зеленой массы, так и сухого вещества. Свидетельством задержки в развитии початков является и то, что этот процесс происходил не за счет потребления питательных элементов из почвы, а оттока их из вегетативных частей растения, в том числе обертки. Так, при меньшем содержании сухого вещества в початках в 2021 г. в обертках его было больше, чем в 2020 г. (32,3 и 27,5 % соответственно). В благоприятный для накопления сухого вещества в початках 2019 г. его содержание в обертках было также высоким (38,3 %). В результате, варьирование содержания сухого вещества в обертках по годам исследований составило 16,5 %.

Увеличение плотности стеблестоя с 70 до 130 тыс. растений на 1 га приводило к закономерному снижению содержания сухого вещества в початках с 49,7 до 45,8 %

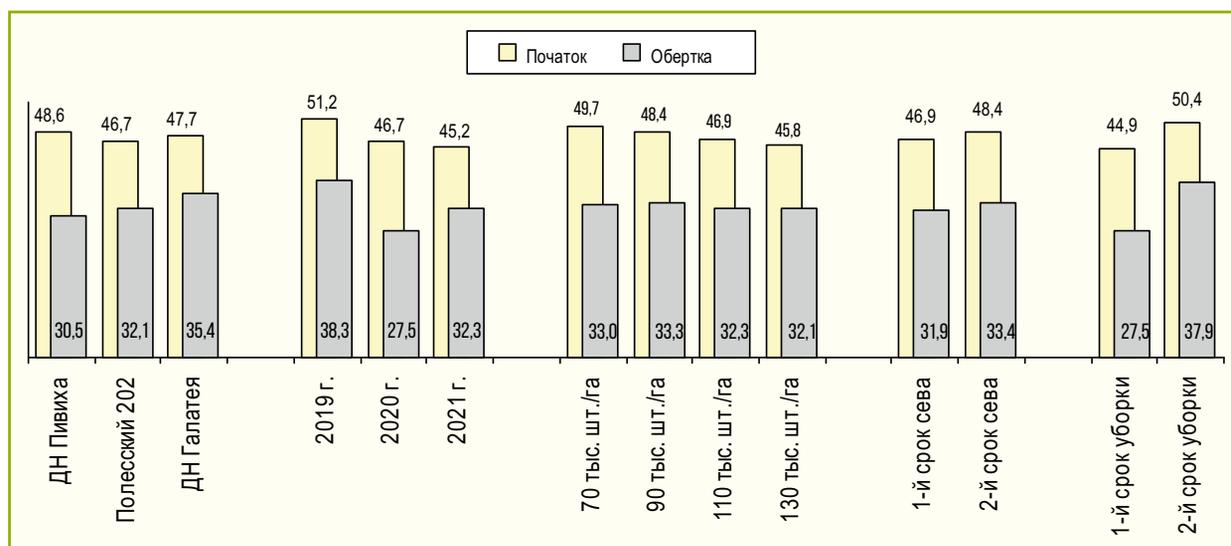


Рисунок 1 – Содержание сухого вещества в початках и обертках гибридов кукурузы в зависимости от погодных условий, густоты стояния растений, сроков сева и уборки, %

при незначительном варьировании данного показателя, составившем 4,1 %. Уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,0001x^2 - 0,091x + 55,488$, где y – содержание сухого вещества в початках, %; x – густота стояния растений, тыс. шт./га.

Из этого следует, что каждые дополнительные 10 тыс. растений на 1 га приводят к увеличению влажности початков в среднем на 0,72 %.

Незначительные изменения ($v = 1,7$ %) под влиянием плотности стеблестоя отмечаются и в содержании сухого вещества в обертках. Самый высокий показатель отмечен при 90 тыс. растений на 1 га (33,3 %), а самый низкий (32,1 %) – при 130 тыс.

При раннем сроке сева в среднем за 3 года исследований содержание сухого вещества в початках и обертках (46,9 и 31,9 % соответственно) было ниже, чем при севе в оптимальный срок (48,4 и 33,4 %). Это объясняется тем, что при раннем сроке среднесуточная температура воздуха от сева до уборки (152 сут.) составила 16,3 °С, при оптимальном (145 сут.) – 16,7 °С. В итоге растения второго срока сева за вегетацию получили на 14 °С больше эффективных температур, чем растения первого. Здесь важно еще и то, что более благоприятный температурный режим при втором сроке сева пришелся на начальный период роста и развития растений кукурузы, который во многом определяет дальнейший ход этих процессов.

Уборка кукурузы через 2 недели после начала восковой спелости способствовала заметному увеличению содержания сухого вещества в початках (на 5,5 % или 0,39 % в сутки) при коэффициенте варьирования 8,2 %. Еще выше эти показатели у обертки: прирост составил 10,4 % или 0,74 % в сутки, а варьирование – 22,5 %.

Листья кукурузы по содержанию в них сухого вещества занимают второе место после початка (рисунок 2). Этот показатель значительно колеблется под влиянием погодных условий (от 29,5 до 49,5 % при $v = 25,5$ %) и сроков уборки (31,9–50,9 % при $v = 32,5$ %). Густота стояния растений оказывает на него совсем незначительное влияние ($v = 2,8$ %), когда с увеличением плотности стеблестоя с 70 до 130 тыс. шт./га отмечается закономерное повышение содержания сухого вещества

в листьях с 39,9 до 42,7 %, а срок сева (38,7–44,1 % при $v = 9,2$ %) и генотип гибрида (38,9–42,7 % при $v = 5,3$ %) занимают промежуточное положение.

Стебель как проводник влаги от корня ко всем другим частям растения даже к моменту созревания кукурузы остается самым обводненным. Например, в первый срок уборки в фазе начала восковой спелости зерна в нем содержалось в среднем по всей выборке 19,5 % СВ, а через две недели этот показатель вырос до 21,3 % или на 0,13 % в сутки. Разница в сроках сева в 2 недели не оказывала никакого влияния на содержание СВ в стеблях кукурузы. Увеличение плотности стеблестоя с 90 до 130 тыс. растений на 1 га приводило к незначительному снижению (на 0,4 %) содержания сухого вещества. Засушливые погодные условия 2021 г. заметно (на 2,1 %) повысили этот показатель относительно двух предыдущих лет. Но самая заметная разница в содержании сухого вещества ($v = 7,2$ %) в стеблях отмечалась по гибридам. Так, гибрид Полесский 202 содержал 21,7 % СВ, ДН Пивиха – 20,7 %, а ДН Галатея имел самое меньшее значение по сравнению с другими органами растения (18,8 %).

В совокупности стебли, листья и обертки дают более полное представление о содержании сухого вещества в листостебельной массе кукурузы (рисунок 3). Этот показатель наиболее значительно изменяется под влиянием срока уборки (с 22,4 до 26,5 % при $v = 11,9$ %). Затем следуют погодные условия вегетационного года с колебаниями от 22,4 % в 2020 г. до 25,8 % в 2021 г. при $v = 7,5$ % и генотип гибрида (от 23,2 % у ДН Галатеи до 25,4 % у Полесского 202 при $v = 4,7$ %). И самые незначительные изменения отмечены по срокам сева с разницей в 0,6 % и густоте стояния растений с разницей в 0,4 %. Причем наименьшее и наибольшее значение отмечено при плотности стеблестоя 70 и 90 тыс. шт./га соответственно.

В отличие от ЛСМ содержание СВ в растениях закономерно изменяется под влиянием густоты стояния растений. По мере увеличения количества растений с 70 до 130 тыс. шт./га этот показатель снижается с 31,9 до 30,1 % или на 0,3 % на каждые дополнительные 10 тыс. растений при варьировании 2,7 %. Незначительные

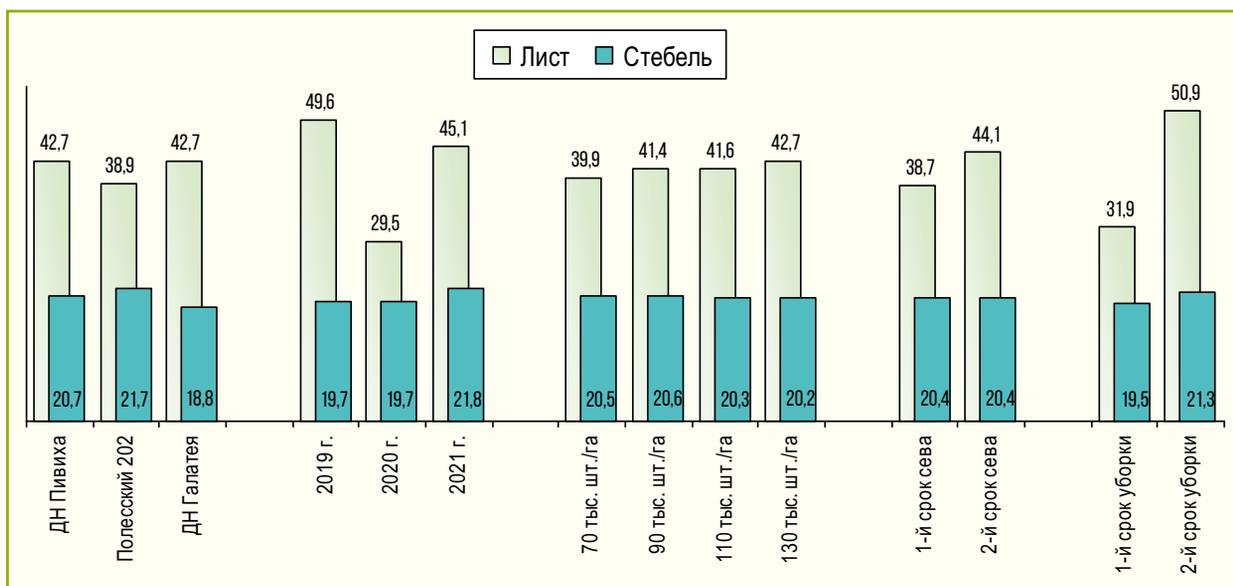


Рисунок 2 – Содержание сухого вещества в листьях и стеблях гибридов кукурузы в зависимости от условий года, густоты стояния растений, сроков сева и уборки, %

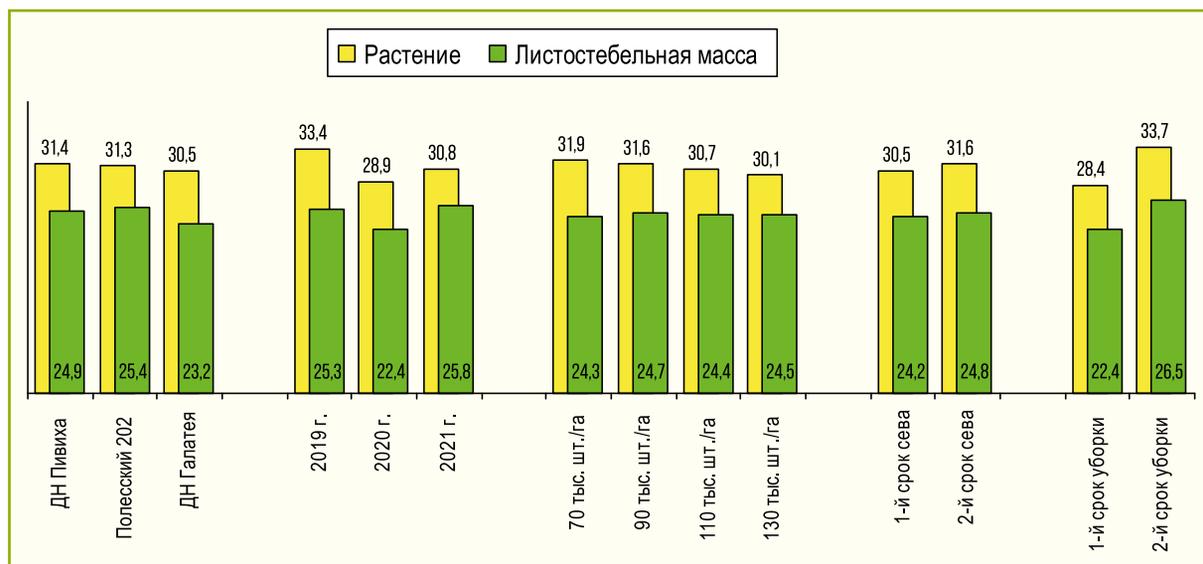


Рисунок 3 – Содержание сухого вещества в растениях и листостебельной массе гибридов кукурузы в зависимости от густоты стояния растений, условий года, сроков сева и уборки (среднее за 2019–2021 гг.), %

изменения отмечены также по срокам сева ($v = 2,5$ %) и гибридам ($v = 1,6$ %). Срок уборки, напротив, показывает самую большую разницу в 5,3 % при $v = 12,1$ %. Таким образом, суточный прирост сухого вещества в растениях кукурузы в течение двухнедельного периода, начиная с фазы вступления растений в восковую спелость, по результатам трехлетних опытов составил 0,38 %. Варьирующее в 7,3 % по годам исследование показало, что эти изменения обусловлены меньшим содержанием сухого вещества в 2020 г. (28,9 %) и большим – в 2019 г. (33,4 %), что можно объяснить существенным влиянием на эти показатели содержания сухого вещества как в початках, так и в листостебельной массе при коэффициенте корреляции 0,77 и 0,73 соответственно, в то время как корреляционная связь в содержании сухого вещества в початках и листостебельной массе – слабая ($r = 0,14$).

Таким образом, содержание сухого вещества в листьях и обертках кукурузы подвержено наибольшему влиянию антропогенных и абиотических факторов, а в стеблях – наименьшему.

Заключение

1. Срок уборки является наиболее действенным фактором изменения содержания сухого вещества в початках ($v = 8,2$ %), обертках (22,5 %), листьях (32,5 %), а также в листостебельной массе (11,9 %) и в растениях кукурузы в целом (12,1 %), тогда как наибольшие изменения в содержании сухого вещества в стеблях происходят под влиянием генотипа гибрида ($v = 7,2$ %).
2. Погодные условия года в средней и значительной степени влияют на содержание сухого вещества в обертках и листьях кукурузы ($v = 16,5$ % и 25,5 % соответственно).
3. На содержание сухого вещества в растениях кукурузы и их органах густота стояния и срок сева оказывают незначительное влияние. При этом наибольшее воздействие плотности стеблестоя отмечается на содержании СВ в початках ($v = 4,1$ %), а срока сева – в листьях ($v = 9,2$ %).

Литература

1. Современные аспекты возделывания кукурузы в связи с изменением климата / Н. Ф. Надточаев [и др.]; Национальная академия наук Беларуси; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 153 с.
2. Кукреш, Л. В. Некоторые проблемы кормопроизводства и пути их решения // Л. В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – № 12. – С. 4–8.
3. Лапотко, А. М. Кукурузный силос должного качества. Лучший корм коровам // А. М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 10. – С. 46–50.
4. Пахомов, И. Я. Силос из кукурузы: технология и качество / И. Я. Пахомов, Н. П. Разумовский // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 7. – С. 50–55.
5. Силосная кукуруза: актуальность растет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zerno-ua.com>. – Дата доступа: 28.12.2021.
6. Лапотко, А. М. Энергоэкономический ресурс молочного скотоводства / А. М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 7–14.
7. Формирование урожая зеленой массы и зерновой продуктивности гибридов кукурузы при разных сроках посева в условиях Среднего Урала / С. К. Мингалев [и др.] // Кормопроизводство. – 2013. – № 9. – С. 29–31.
8. Морозов, П. Фидтек – технологии здорового и питательного силоса / П. Морозов // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – № 8. – С. 44–46.
9. Надточаев, Н. Ф. Как получить качественный кукурузный силос / Н. Ф. Надточаев, С. В. Абраскова // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 9. – С. 22–26.
10. Шульц, П. Кукуруза на силос: определяем срок уборки / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2016. – № 13. – С. 45–47.
11. Карпантьев, Б. Кукуруза. Золотые правила силосования / Б. Карпантьев // Белорусское сельское хозяйство. – 2017. – № 9. – С. 58–59.
12. Бантинг, Э. С. Кукуруза на корм. Производство и использование / Э. С. Бантинг; пер. с англ. Е. Н. Фолькман. – М.: Колос, 1983. – 343 с.
13. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; Национальная академия наук Беларуси; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 411 с.
14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
15. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.