

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.

УДК 633.15

## Рост и развитие растений при различных сроках сева и плотности стеблестоя гибридов кукурузы

А. З. Богданов, научный сотрудник, Г. Н. Куркина, кандидат с.-х. наук  
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 12.07.2022)

По результатам исследований в 2019–2021 гг. показано влияние сроков сева и густоты стояния на продолжительность межфазных периодов и высоту растений гибридов кукурузы различных групп спелости (FAO 210–250). Выявлено, что изменение количества растений с 70 до 130 тыс. шт./га на раннем этапе интенсивного роста приводило к увеличению высоты в среднем на 5,9 %, однако к окончанию роста растений их высота различалась незначительно. Среди групп спелости наиболее высокими были растения гибрида ДН Галатея (FAO 250).

According to the results of studies in 2019–2021, the influence of sowing dates and standing density on the duration of interphase periods and the height of maize hybrids of various ripeness groups (FAO 210–250) has been shown. It was revealed that the thickening of plants from 70 to 130 thousand units /ha at the early stage of intensive growth led to an increase in height by an average of 5.9 %, but by the end of plant growth, their height did not differ significantly. Among the ripeness groups, the plants of the hybrid DN Galatea (FAO 250) were the highest.

### Введение

Высота растений является значимым признаком растений кукурузы, имеет биологическое и технологическое значение, а также играет большую роль при формировании высокопродуктивных посевов [1]. Однако растения культуры имеют ограничения процессов роста, которые существенно зависят от генетических особенностей каждого гибрида, а также обусловлены влиянием агротехнических и метеорологических условий [2]. Поэтому при выращивании гибридов кукурузы различных групп спелости необходимо дифференцированно подходить к выбору срока сева и густоты стояния растений [3]. Исследованиями, проведенными в Институте орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины в 2014–2016 гг., установлено, что максимальная урожайность зерна кукурузы – 13,69 т/га была получена при севе в III декаде апреля, густоте стояния 70 тыс. шт./га и высоте растений 224 см [1, 4].

### Методика и место проведения исследований

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,55 % гумуса, 193 мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 276 мг/кг K<sub>2</sub>O, pH – 6,11. 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 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 (FAO 210), Полесский 202 (FAO 230) и ДН Галатея (FAO 250), которые высевали в 2 срока: 1) 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.); 2) оптимальный – через 2 недели после первого срока. Уборка урожая также проводилась в 2 срока: 1) при наступлении восковой спелости зерна; 2) через 2 недели.

Сравнительно благоприятным для формирования урожая кукурузы был 2019 г., однако ранние морозы (–2...–3 °С 24 и 25 сентября) привели к гибели листьев, особенно у более поздних гибридов при соответствующих сроках сева и уборки. Наименее благоприятным оказался 2021 г., когда в критический период содержание влаги в пахотном слое почвы длительное время находилось на уровне мертвого запаса.

### Результаты исследований и их обсуждение

Кукуруза, как растение второй группы семейства мятликовых, требовательна к теплу, несмотря на значительные селекционные достижения в направлении создания холодостойких форм. Так, для появления всходов в различные годы изучаемым гибридам потребовалось от 15 до 26 суток (таблица 1).

В 2019 г. при севе 20 апреля довсходовый период составил 18 суток при среднесуточной температуре воздуха 11,7 °С и 16 суток при 13,1 °С. В 2020 г. при среднесуточной температуре воздуха 9,6 °С и раннем севе всходы отмечены через 25 суток у гибрида ДН Пивиха и 26 суток – Полесский 202 и ДН Галатея. При майском севе и температуре 10,6 °С довсходовый период сократился лишь на 1–2 суток. В 2021 г. при раннем севе и среднесуточной температуре 9,2 °С всходы отмечены через 24 суток. Этот период сократился до 15 суток, когда температура воздуха при майском севе составляла 12,7 °С.

Регрессионный анализ показал, что довсходовый период кукурузы на 90 % зависит от температурных условий года. Уравнение регрессии выражается формулой:

$$y = -0,282x^2 + 3,5254x + 16,857,$$

где  $x$  – среднесуточная температура воздуха, °С;

$y$  – продолжительность периода «сев – всходы», сутки.

Таблица 1 – Наступление фенологических фаз развития гибридов кукурузы при различных сроках сева (среднее, 2019–2021 гг.)

Название гибрида	Дата				Дней от сева до	
	сева	всходов	цветения		всходов	цветения початка
			метелки	початка		
ДН Пивиха	21.04	13.05	26.07	28.07	22	98
	05.05	23.05	28.07	30.07	18	86
Полесский 202	21.04	14.05	26.07	29.07	23	99
	05.05	23.05	28.07	31.07	18	87
ДН Галатея	21.04	14.05	29.07	31.07	23	101
	05.05	23.05	31.07	2.08	18	89

В последующем продолжительность периода от всходов до цветения также определялась температурными условиями года. Так, при раннем севе и среднесуточной температуре воздуха 17,8–17,9 °С изучаемым гибридам для достижения фазы цветения початков в 2019 г. потребовалось от 76 (Полесский 202) до 79 суток (ДН Галатея). При более позднем на 2 недели севе период «всходы – цветение початков» сократился до 67–70 суток, и среднесуточная температура воздуха за это время составила 18,2–18,4 °С. В 2020 г. от всходов до цветения початков потребовалось от 80 (Полесский 202) до 85 суток (ДН Галатея) при среднесуточной температуре воздуха 17,3–17,7 °С. Когда она повысилась до 18,5–18,6 °С, данный период при майском севе сократился до 71–74 суток. В 2021 г. цветение початков у гибридов наступило через 67 (ДН Пивиха) – 72 суток (Полесский 202) после всходов. Такой короткий период при апрельском сроке сева обусловлен высокими температурами воздуха, составившими 19,5–19,7 °С. При севе в мае средняя температура воздуха возросла до 19,9–20,2 °С, и период «всходы – цветение початка» еще сократился на 4 суток.

Регрессионный анализ показал (рисунок 1), что при апрельском севе температурный фактор на 88 % определяет продолжительность периода от всходов до цветения початков, и уравнение регрессии при этом имеет вид:

$$y = 1,5358x^2 - 62,66x + 708,11,$$

где  $x$  – среднесуточная температура воздуха, °С;

$y$  – продолжительность периода «всходы – цветение початков», сутки.

При севе на 2 недели позже (в первой декаде мая) температурный режим возрастает, и этот фактор становится менее значимым для развития растений кукурузы. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -4,5417x^2 + 171,97x - 1556,8 (R^2 = 0,5412).$$

В ходе исследований были проведены измерения высоты растений в динамике, начиная от фазы интенсивного роста, которая совпадает с образованием 8–10 листьев у кукурузы. На начальном этапе интенсивного роста растений в 2019 г. было замечено, что загущение посева с 70 до 130 тыс. шт./га способствовало увеличению их высоты, что объясняется конкуренцией между ними за свет (рисунок 2).

У гибрида ДН Пивиха при измерении 25 июня разница составила 5 см при первом сроке сева и 9 см при втором, у гибрида Полесский 202 – 6 и 3 см, у гибрида ДН Галатея – 6 и 2 см соответственно. Но уже через 2 недели такой закономерности не наблюдалось, а к концу активного роста растений кукурузы была отмечена обратная картина. Причем более скороспелые гибриды, в отличие от ДН Галатея, при загущении посевов в меньшей степени снижали рост растений. Например, по состоянию на 9 августа увеличение плотности стеблестоя на 60 тыс. растений на 1 га приводило к падению высоты растений у гибрида ДН Пивиха на 7 см при первом сроке сева и на 3 см при втором, у гибрида

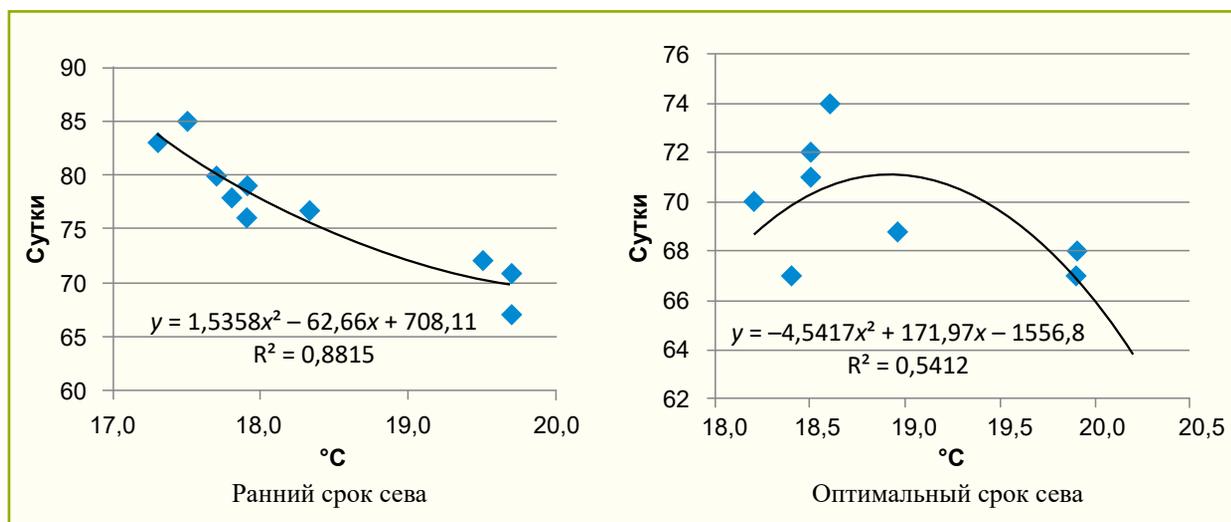


Рисунок 1 – Зависимость продолжительности периода «всходы – цветение початков» от средней температуры воздуха при различных сроках сева кукурузы

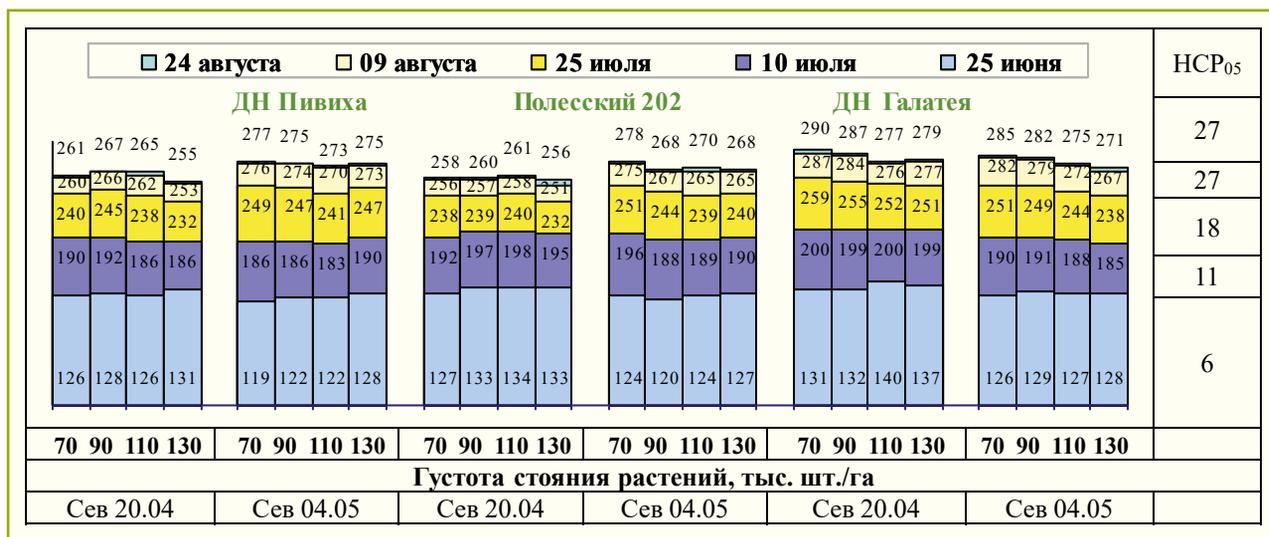


Рисунок 2 – Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния в 2019 г., см

Полесский 202 – на 5 и 10 см, а у ДН Галатея – на 10 и 15 см соответственно срокам сева. К тому же, при опоздании с севом высота растений у более ранних гибридов в среднем на 12–13 см возрастала, а у гибрида ДН Галатея, наоборот, на 5 см падала.

В начале измерений наиболее рослыми были растения гибрида ДН Галатея (в среднем 135 см при первом сроке сева и 128 см при втором), наименее – ДН Пивиха (128 и 123 см соответственно). По окончании роста растений в высоту ДН Галатея сохранила свои лидирующие позиции (283 и 278 см), а наименее рослыми оказались растения гибрида Полесский 202 (259 и 271 см соответственно срокам сева).

От фазы цветения метелки до окончания роста прирост растений в высоту составил в среднем 34,5 см и колебался от 28 см у ДН Галатея при втором сроке сева до 49 см у гибрида Полесский 202 раннего срока сева.

В 2020 г. по состоянию на 25 июня растения кукурузы имели среднюю высоту 46 см, в то время как годом ранее она составляла 128 см. В этот период при таких показателях высоты загущение посева не приводило к ее приросту. Конкурентные отношения просматриваются при достижении растениями высоты более 100 см

(рисунок 3). Так, измерение 10 июля показало, что увеличение плотности стеблестоя на 60 тыс. шт./га приводило к повышению высоты растений соответственно срокам сева на 1 и 10 см у гибрида ДН Пивиха, 9 и 5 см – Полесский 202 и по 2 см – ДН Галатея.

Достаточное количество влаги в пахотном слое в этот год обеспечило не только хороший прирост растений в высоту в целом, но и в загущенных посевах в частности. Только при втором сроке сева ДН Галатея показала снижение высоты растений на 16 см при увеличении плотности стеблестоя с 70 до 130 тыс. растений на 1 га. Во всех других вариантах отмечалось увеличение данного показателя на 1–9 см. Гибрид ДН Пивиха в 2020 г. при втором сроке сева обеспечил лучший прирост растений в высоту, и к окончанию роста она в среднем составляла 294 см, что на 9 см больше, чем при раннем севе. У двух других гибридов высота растений при майском севе была ниже на 3–5 см, и их высота оказалась даже на 1–6 см ниже, чем у гибрида ДН Пивиха. Хотя при апрельском сроке сева лидирующие позиции по-прежнему оставались за ДН Галатея (298 см), затем следовал Полесский 202 (291 см), а ДН Пивиха показала 285 см.

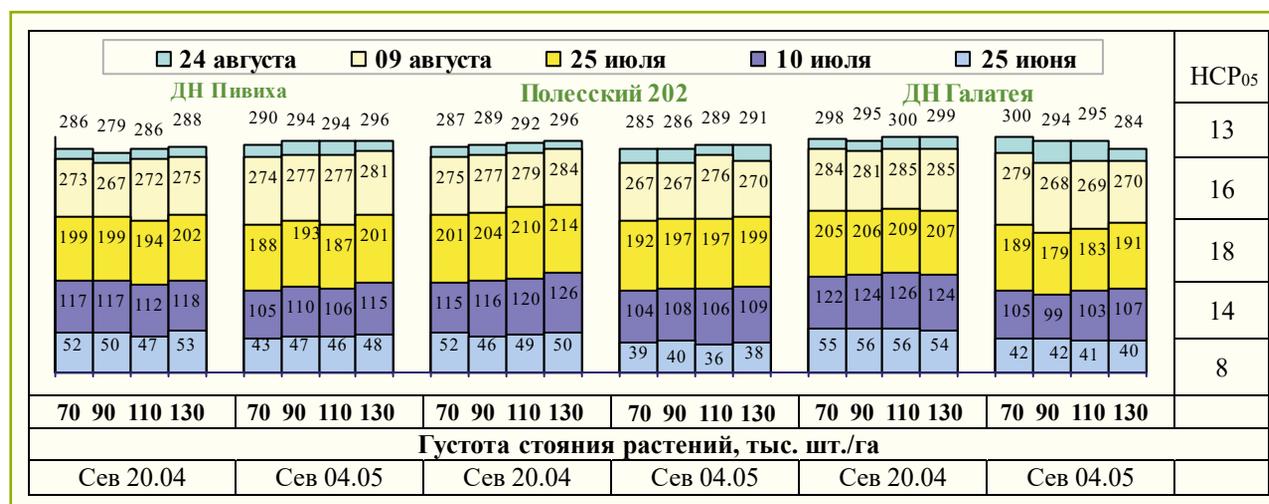


Рисунок 3 – Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния в 2020 г., см

От фазы цветения метелки до окончания роста прирост растений в высоту составил в среднем 36,2 см и колебался от 24 см у ДН Галатея до 46 см у гибрида Полесский 202 раннего срока сева.

В 2021 г. по состоянию на 25 июня растения кукурузы имели среднюю высоту 56 см, которая мало отличается от предыдущего года (рисунок 4). Несмотря на это уже в данный срок наблюдается более высокий рост в более плотных посевах кукурузы. Среднее превышение в вариантах с густотой стояния растений 130 тыс. шт./га над самыми редкими посевами составляет 8 см или 15 %. Существенный дефицит осадков в критический период не позволил гибридам в полной мере реализовать их генетический потенциал, и растения по окончании роста в этот год имели самую меньшую высоту: от 227 см у гибрида Полесский 202 первого срока сева до 260 см у ДН Галатея второго срока сева. Если ДН Пивиха имела одинаковые показатели высоты растений при обоих сроках сева (по 247 см), то растения гибридов ДН Галатея и Полесский 202 при майском севе были выше на 13–15 см. Засушливая погода привела к тому, что от фазы

цветения метелки до окончания роста прирост растений в высоту в 2021 г. оказался самым низким – в среднем 21,2 см и колебался от 19 см у гибрида ДН Галатея до 20 см у двух других гибридов раннего срока сева.

Трехлетние исследования по изучению динамики роста растений кукурузы под влиянием густоты их стояния и сроков сева различных по скороспелости гибридов показали, что на раннем этапе интенсивного роста заужение посева с 70 до 130 тыс. шт./га приводит к увеличению высоты в среднем на 5,9 % (рисунок 5).

В это время высота растений гибрида ДН Галатея раннего срока сева была наибольшей и в среднем по всем вариантам составляла 84 см, что на 4–5 см больше, чем у двух других гибридов. При оптимальном сроке сева наибольший показатель имел гибрид ДН Пивиха (76 см), что на 3–6 см больше, чем у гибридов ДН Галатея и Полесский 202.

К окончанию роста растений их высота у гибрида ДН Галатея по срокам сева не различалась (276 и 277 см) и при увеличении плотности стеблестоя снижалась на 6–12 см. По более ранним гибридам такой закономер-

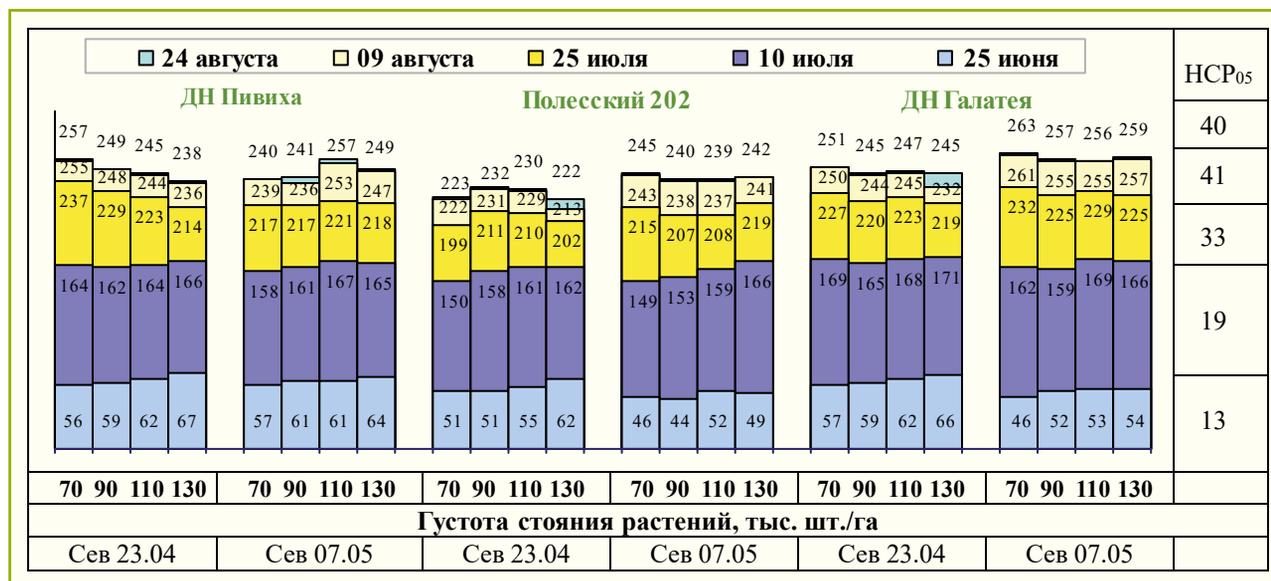


Рисунок 4 – Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния в 2021 г., см

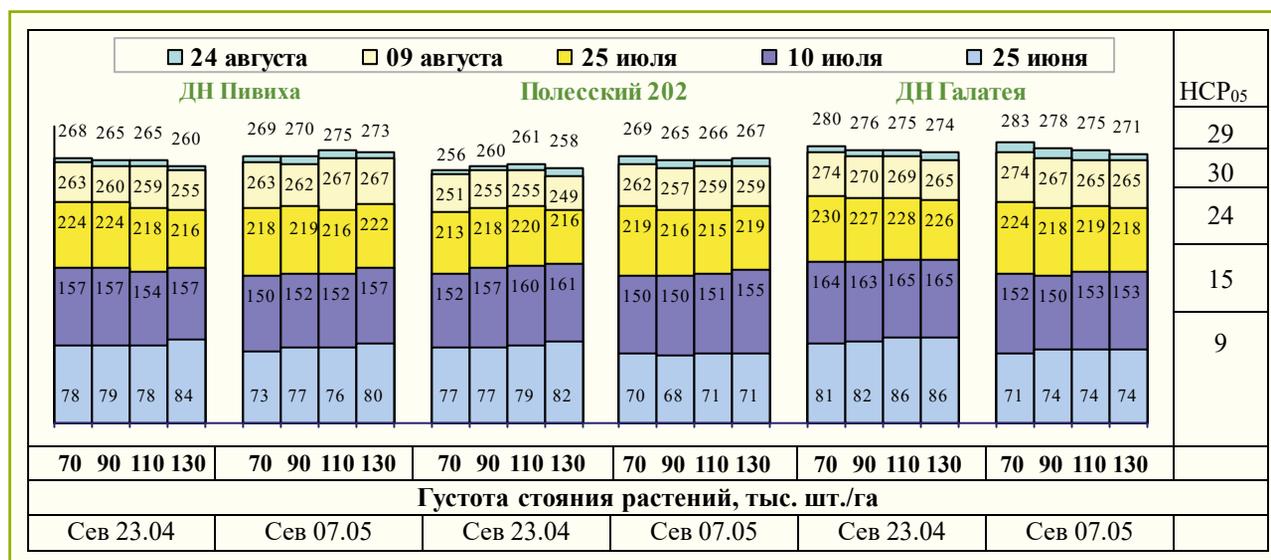


Рисунок 5 – Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния (2019–2021 г.), см

ности в снижении высоты при загущении посева не отмечено, тогда как майский сев приводил к повышению высоты растений с 264 до 272 см у гибрида ДН Пивиха и с 259 до 267 см у гибрида Полесский 202.

Как показали исследования, наибольший суточный прирост растений кукурузы в высоту в 2019 и 2021 г. наблюдался в период с 26 июня по 10 июля, а в 2020 г. – с 11 по 25 июля (таблица 2). При среднем показателе в 2019 г. 2,4–2,6 см в сутки при раннем севе и 2,8–2,9 см в сутки при оптимальном сроке сева максимальное значение в названный период составляло 4,0–4,5 см.

В 2020 г. среднесуточный прирост гибридов в высоту равнялся 2,8–2,9 см при раннем севе и 3,2–3,3 см – при оптимальном. Максимальные значения – 5,5–6,0 см в сутки. В 2021 г. суточный прирост гибридов в высоту – самый малый и равен 2,3–2,5 см при раннем севе и 2,6–2,8 см при оптимальном, в то время как максимальные значения самые большие – 6,8–7,5 см в сутки.

Температурный фактор оказывал существенное влияние не только на продолжительность довсходового периода, но и дальнейший прирост растений в высоту. Его заметное действие, особенно при раннем сроке

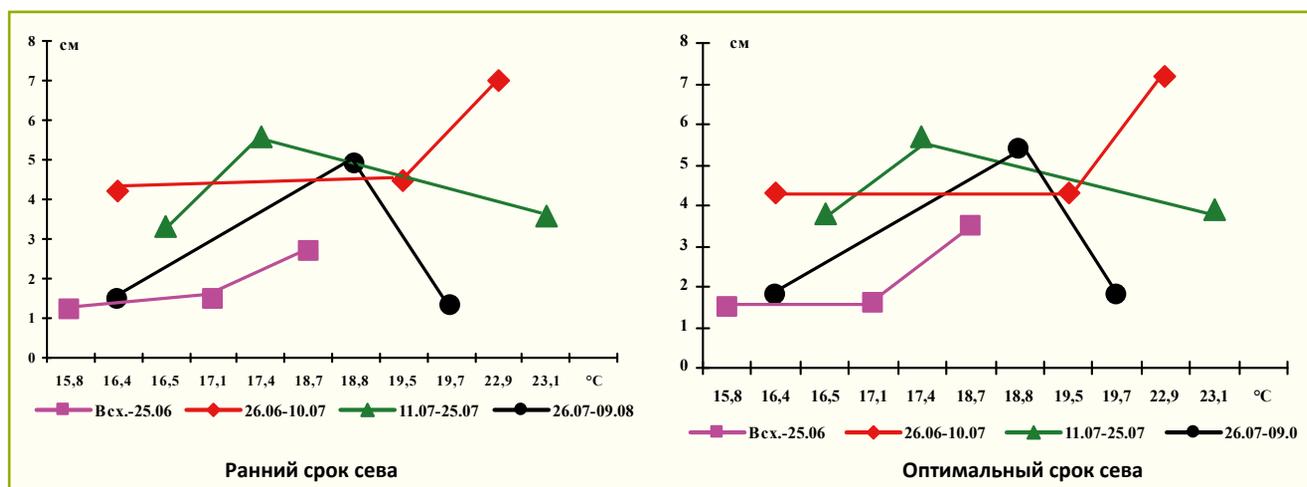


Рисунок 6 – Суточный прирост растений кукурузы в различные периоды роста и его связь с температурой воздуха (среднее по трем гибридам, 2019–2021 гг.)

Таблица 2 – Суточный прирост растений гибридов кукурузы в динамике при различных сроках сева

Учетный период	Суточный прирост растений, см							
	2019 г.		2020 г.		2021 г.		среднее	
	срок сева							
	20.04	4.05	20.04	4.05	23.04	7.05	20–23.04	4–7.05
<b>ДН Пивиха</b>								
Всходы – 25.06	2,7	3,4	1,2	1,6	1,6	1,8	1,8	2,3
26.06–10.07	4,0	4,2	4,4	4,2	6,9	6,8	5,1	5,1
11.07–25.07	3,4	4,0	5,5	5,6	4,2	3,7	4,4	4,4
26.07–9.08	1,4	1,8	4,9	5,7	1,3	1,7	2,5	3,1
10.08–24.08	0,1	0,1	0,9	1,1	0,1	0,2	0,4	0,5
Среднее	2,4	2,9	2,8	3,3	2,5	2,6	2,55	2,92
<b>Полесский 202</b>								
Всходы – 25.06	2,8	3,4	1,2	1,4	1,4	1,4	1,8	2,1
26.06–10.07	4,2	4,5	4,7	4,6	6,9	7,3	5,3	5,5
11.07–25.07	2,8	3,5	5,9	6,0	3,2	3,7	4,0	4,4
26.07–9.08	1,2	1,6	4,8	4,9	1,2	1,8	2,4	2,8
10.08–24.08	0,2	0,2	0,8	1,2	0,2	0,1	0,4	0,5
Среднее	2,4	2,8	2,9	3,2	2,3	2,6	2,51	2,87
<b>ДН Галатhea</b>								
Всходы – 25.06	2,8	3,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,9	2,2
26.06–10.07	4,3	4,1	4,6	4,2	7,2	7,5	5,4	5,3
11.07–25.07	3,6	3,8	5,5	5,5	3,6	4,2	4,2	4,5
26.07–9.08	1,8	2,0	5,1	5,7	1,4	1,9	2,8	3,2
10.08–24.08	0,2	0,2	0,9	1,5	0,3	0,2	0,5	0,6
Среднее	2,6	2,9	2,9	3,3	2,5	2,8	2,66	2,97

сева, просматривалось на протяжении двух учетных периодов: от всходов до 25 июня и с 26 июня по 10 июля. Коэффициент детерминации при раннем севе в первый учет равен 0,92, во второй – 0,86 (рисунок 6).

При оптимальном сроке сева он снизился до 0,86 и 0,78 соответственно. Последующие третий и четвертый 15-дневные периоды показали слабую связь суточного прироста растений в высоту с температурным режимом. Коэффициент детерминации составил 0,06–0,11 и 0,05–0,07 соответственно учетным периодам.

**Выводы**

1. В центральной зоне Беларуси температурный режим на 90 % определяет продолжительность довсходового периода кукурузы, который в годы исследований колебался от 9 °С до 13,5 °С. Уравнение регрессии выражается формулой:

$$y = -0,282x^2 + 3,5254x + 16,857,$$

где  $x$  – среднесуточная температура воздуха, °С;  
 $y$  – продолжительность периода «сев – всходы», сутки.

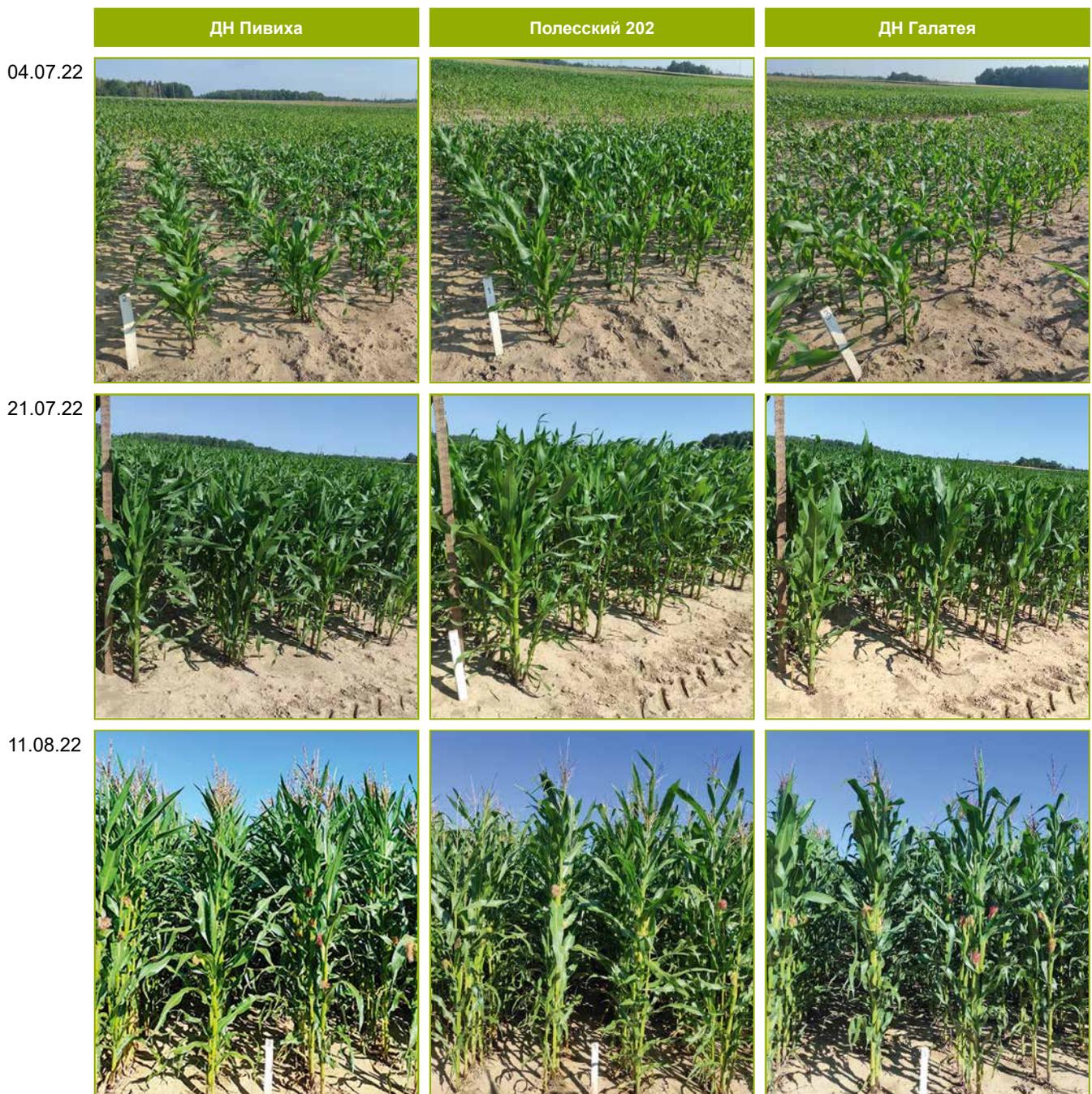
В дальнейшем, от всходов до цветения початков при апрельском севе температурный фактор также значительно (на 88 %) определяет продолжительность данного периода и находится в пределах от 17,0 °С до 20,0 °С. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 1,5358x^2 - 62,66x + 708,11,$$

где  $x$  – среднесуточная температура воздуха, °С;  
 $y$  – продолжительность периода «всходы – цветение початков», сутки.

Однако при севе на 2 недели позже, когда температурный режим возрастает, этот фактор становится менее значимым для развития растений кукурузы.

2. Температурный фактор оказывает существенное влияние не только на продолжительность межфазных периодов, но прирост растений в высоту. Особенно это заметно при раннем сроке сева на протяжении двух



учетных периодов: от всходов до 25 июня и с 26 июня по 10 июля, где коэффициент детерминации составляет 0,92 и 0,86 соответственно. При оптимальном сроке сева он меньше – 0,86 и 0,78. В последующие третий и четвертый 15-дневные периоды суточный прирост растений в высоту слабо связан с температурным режимом: коэффициент детерминации соответственно учетным периодам – 0,06–0,11 и 0,05–0,07.

3. На раннем этапе интенсивного роста растений загущение посева с 70 до 130 тыс. шт./га приводит к увеличению их высоты в среднем на 5,9 %. К окончанию роста растений у гибрида ФАО 250 ДН Галатея при увеличении плотности стеблестоя она была ниже на 6–12 см и не различалась по срокам сева (276 и 277 см). По более ранним гибридам (ФАО 210-230) такой закономерности изменения высоты растений при загущении посева не отмечено, а майский сев приводил к повышению показателя с 264 до 272 см у гибрида ДН Пивиха и с 259 до 267 см – у гибрида Полесский 202.

4. От фазы цветения метелки до окончания роста растений кукурузы их прирост в высоту зависит от по-

годных условий года, генотипа гибрида, срока его сева и колеблется в пределах 19–49 см.

#### Литература

1. Влияние сроков сева и густоты стояния на показатели высоты растений гибридов кукурузы в орошаемых условиях юга Украины / Р. А. Вожегова [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – 2019. – Вып. 55. – С. 75–81.
2. Логинова, А. М. Влияние температурного режима и влагообеспеченности на продолжительность периода всходы – цветение початка у раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Западной Сибири / А. М. Логинова, В. С. Ильин, Г. В. Гетц // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 6. – С. 32–36.
3. Кадыров, С. В. Рост и развитие гибридов кукурузы при разных нормах высева в условиях лесостепи центрального Черноземья / С. В. Кадыров, М. Ю. Харитонов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (59). – С. 30–36.
4. Влащук, А. М. Влияние приемов агротехники на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости / А. М. Влащук, Н. Н. Прищепо, А. С. Колпакова // Вестник БГСХА. – 2017. – № 4. – С. 105–108.

УДК 631.459.2+631.559

## Почвозащитная эффективность и продуктивность севооборотов на дерново-подзолистых почвах в разной степени подверженных водной эрозии

Н. Н. Цыбулько, доктор с.-х. наук, И. А. Логачев, младший научный сотрудник, В. Б. Цырибко, А. М. Устинова, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 25.08.2022 г.)

Приведены результаты изучения почвозащитной эффективности и продуктивности разных севооборотов. Установлено, что на средне- и сильноэродированных почвах зерновые и зерноотрубные севообороты с показателями почвозащитной способности 0,54–0,72 не обеспечивают предотвращение смыва почвы до предельно допустимого уровня. В травяно-зерновых севооборотах остаточный смыв на среднеэродированных почвах ниже допустимого, а на сильноэродированных почвах – выше в 1,5 раза. Ежегодный недобор продукции в севооборотах составляет на слабоэродированных почвах 2,0–5,2 ц/га к. ед., на среднеэродированных почвах – 2,5–15,7, на сильноэродированных почвах – 10,7–25,5 ц/га к. ед. Наиболее высокий выход кормовых единиц обеспечивают травяно-зерновые севообороты с люцерной.

*The results of the study of soil protection efficiency and productivity of crop rotations are presented. It has been established that on medium and highly eroded soils, grain and grain-grass crop rotations with soil-protective capacity indicators of 0,54–0,72 do not prevent soil erosion to the maximum allowable level. In grass-grain crop rotations, the residual washout on moderately eroded soils is lower than the permissible washout, and on highly eroded soils it is 1,5 times higher. The annual shortage of products in crop rotations is 2,0–5,2 c/ha on slightly eroded soils, 2,5–15,7 c/ha on moderately eroded soils, and 10,7–25,5 c/ha on highly eroded soils units. The highest yield of fodder units is provided by grass-grain crop rotations with alfalfa.*

#### Введение

На территории Беларуси эрозия почв – один из основных факторов их деградации, что вызвано как природными условиями, так и антропогенным воздействием – распространением склонового рельефа и высокой распаханностью сельскохозяйственных земель. Водной и ветровой эрозии почв подвержено 556,0 тыс. га сельскохозяйственных земель. Из общей площади эродированных почв смытыми являются 473,0 тыс. га, дефлированными – 83,0 тыс. га. Эродированные почвы приурочены преимущественно к пахотным землям [1].

Водно-эрозионные процессы вызываются талыми и ливневыми водами и проявляются на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова (плоскостная и струйчатая эрозия) или в виде размыва в глубину (линейная эрозия). Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики (Витебская область – 9,9 % от общей площади пахотных земель, Могилевская – 8,9 %, Минская – 8,6 %, Гродненская – 8,1 %) [2, 3].

Потери гумуса и элементов питания, ухудшение агрофизических, биологических и агрохимических свойств отрицательно сказываются на производительной спо-