

Оценка экологической адаптивности и стабильности сортов ярового рапса

Я. Э. Пиллюк, кандидат с.-х. наук, А. В. Бакановская, О. А. Пукун, научные сотрудники,
А. Н. Павловская, младший научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 26.03.2021 г.)

В статье представлены результаты исследований за 2014–2020 гг. по изучению новых районированных сортов ярового рапса в конкурсном сортоиспытании. Наиболее высокий уровень пластичности и стабильности урожайности маслосемян выявлен у сортов: Герцог (ПУСС = 135,1; ИС = 2,97), Верас (ПУСС = 127,7; ИС = 2,66) и Яровит (ПУСС = 121,4; ИС = 2,56) с наименьшими коэффициентами вариации по годам исследований ($V = 13,2\%$, $15,2\%$ и $15,6\%$), которые будут иметь преимущество в стрессовых условиях среды при возделывании их в производстве. Установлена положительная корреляционная связь сильной степени ($r = 0,83$) между уровнем урожайности и массой 1000 семян у изученных сортов ярового рапса в 2014 г., в 2017 г. и 2020 г. отмечалась зависимость средней степени ($r = 0,54$ и $0,38$).

Введение

Среди масличных культур климатические условия нашей страны наиболее подходят для выращивания рапса. Решение задачи обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем, населения – пищевым растительным маслом, а животноводства – кормовым белком стало возможным благодаря созданию и внедрению в производство отечественных высокоурожайных сортов рапса [1]. В семенах ярового рапса содержится 40–50 % масла и 20–28 % кормового белка [2]. Наиболее эффективно использование рапсового масла для производства маргаринового и майонезной продукции. Применение его в пищевой отрасли обусловлено оптимальным составом в нем жирных кислот, сбалансированностью белков по аминокислотному составу, а также устойчивостью к окислительным процессам. В настоящее время рапс яровой в структуре посевных площадей масличных культур занимает 10–15 %, а в годы с неблагоприятной перезимовкой рапса озимого – до 40 %, являясь основной страховой культурой масложировой отрасли Беларуси [3]. Для увеличения производства пищевого растительного масла и высокоэнергетических добавок для животноводства необходимо как расширение посевных площадей масличных культур, так и повышение их продуктивности за счет внедрения новых высокопродуктивных сортов и соблюдения технологии их возделывания. В связи с этим селекционная работа должна быть направлена на создание сортов с высоким потенциалом продуктивности, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды. Степень реализации генетического потенциала продуктивности сорта зависит от большого количества экзогенных факторов, которые определяются условиями возделывания и характеризуются высокой изменчивостью, что влечет за собой значительную вариабельность урожайности, а также составляющих ее элементов структуры.

The paper presents the results of the research on new recognized varieties of spring rape in the competitive variety trial for 2014–2020. It's identified that the following varieties have the highest plasticity and stability of oilseed yield: Gertsog (yield stability indicator of a variety = 135,1; stability index = 2,97), Veras (yield stability indicator of a variety = 127,7; stability index = 2,66) and Yarovit (yield stability indicator of a variety = 121,4; stability index = 2,56) with the lowest coefficient of variation as regards the years of the research ($V = 13,2\%$, $15,2\%$ and $15,6\%$). These varieties will have an advantage under stressful conditions when cultivated in production. A positive high correlation between the yield and weight of 1000 seeds ($r = 0,83$) of the varieties studied in 2014 is shown. In 2017 and 2020 a medium correlation ($r = 0,54$ and $0,38$) was observed.

Цель наших исследований – изучение и оценка экологической адаптивности и стабильности новых сортов ярового рапса и взаимосвязи их урожайности с крупностью семян.

Методика проведения исследований

Исследования проводили в 2014–2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка дерново-подзолистая слабоподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 2,03–2,34 %; pH (в KCl) – 6,02–6,2 %; P₂O₅ – 185–245 мг/кг; K₂O – 205–252 мг/кг почвы (по Кирсанову). Площадь делянки – 10 м², через каждые десять сортов высевали сорт-контроль Топаз. Материалом для изучения служили новые сорта ярового рапса, включенные в Госреестр Республики Беларусь. Способ сева – сплошной рядовой с шириной междурядий 12,5 см. Повторность – шестикратная. Предшественник – яровой ячмень. Технология возделывания сортов ярового рапса на маслосемена общепринятая для данной зоны [4]. Урожайность семян определяли методом сплошного обмолота малогабаритным комбайном «Хеге». Убранные семена взвешивали с каждой делянки и пересчитывали на 100 % чистоту и 10 % влажность. Математическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5], используя компьютерную программу «Excel». Индекс стабильности (ИС) рассчитывали по А. А. Грязнову [6]. При расчете показателей ИС и ПУСС в качестве контроля принят сорт ярового рапса Топаз. Адаптивность генотипов с учетом пластичности и стабильности урожайности определяли по методике Э. Д. Неттевича, А. И. Моргунова и М. И. Максименко [7].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались от среднемноголетних показателей

как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Погодные условия 2014 г. в целом были благоприятны для культуры, несмотря на недостаточное количество осадков в весенне-летний период, а также высокие температуры воздуха в июле. Вегетационный период 2015 г. был более засушливым, выпадение осадков неравномерным и редким на фоне повышенной температуры воздуха. Жаркая погода в течение всего лета и значительный дефицит осадков в дальнейшем отрицательно сказались на урожайности рапса ярового. Весна 2016 г. характеризовалась перепадами температур на фоне дефицита влаги в сравнении со среднемноголетней нормой, однако выпавшие осадки в конце мая и начале июня способствовали нормальному развитию рапса ярового. В июле температура воздуха была выше нормы на 0,2–3,1 °С, а осадков выпало 108–245 % от нормы. Метеорологические условия 2017 г. в целом складывались благоприятно для роста и развития крестоцветных культур. В большинстве месяцев вегетационного периода температура воздуха и сумма атмосферных осадков превышали климатическую норму. В апреле – мае 2018 г. наблюдалось превышение среднемноголетних показателей по температуре при значительном недостатке влаги, июнь и август были на уровне среднемноголетней нормы по температуре и сумме атмосферных осадков. Во второй и третьей декадах июля отмечалось превышение температуры над ее климатической нормой при избыточном увлажнении. Среднесуточная температура воздуха в апреле, мае и июне 2019 г. превышала норму на фоне недостаточного количества осадков (за исключением третьей декады мая). Июль был прохладным и влажным. В течение весенне-летнего периода 2020 г. погодные условия характеризовались недостатком влаги в апреле, их избытком в мае и второй половине июня, однако в целом были благоприятными для формирования урожая ярового рапса. Среднесуточная температура воздуха и сумма атмосферных осадков в апреле – мае 2020 г. были ниже среднемноголетних показателей. Июль был теплым и влажным. В июле среднесуточная температура воздуха составила 19,7 °С при норме 18,3 °С, сумма осадков за месяц – 82,4 мм или 85 % от нормы. Август был умеренно теплым и сухим.

Результаты исследований и их обсуждение

Многолетними исследованиями установлено, что отечественные сорта рапса сформировали определенные механизмы адаптации: генетические, физиологические, морфоанатомические и другие, которые позволяют луч-

ше переносить стрессовые условия. Переход селекции рапса от популяционных к линейным (гомозиготным) сортам, создание и внедрение их в производство с ограниченным генетическим разнообразием, интродукция и использование в селекционных схемах нового исходного материала в какой-то мере способствуют снижению их устойчивости к неблагоприятным факторам среды. В этой связи необходимо проводить комплексную оценку селекционного материала на адаптивность на различных этапах создания сорта [8].

Селекция крестоцветных культур ведется на продуктивность, качество и комплекс хозяйственно ценных признаков с учетом направления использования. Наибольший интерес представляют высокопродуктивные сорта, которые в меньшей степени подвержены влиянию погодных условий [1]. В конкурсном сортоиспытании сорта рапса ярового были оценены по комплексу хозяйственно ценных признаков, в том числе по урожайности и массе 1000 семян.

Благоприятные условия для реализации потенциала продуктивности сортов ярового рапса сложились в 2017 г., 2014 и 2020 г. благодаря умеренной температуре воздуха и равномерному распределению осадков (рисунок 1). Самая высокая урожайность в 2017 г. получена у сортов Вихрь (53,9 ц/га) и Яровит (50,7 ц/га) с превышением контрольного сорта Топаз на 6,4 и 3,2 ц/га или 13,5 и 6,8 % соответственно. В 2014 г. выделились Олимп-15 (47,0 ц/га), Верас (44,6 ц/га) и Вихрь (43,8 ц/га), у которых прибавка составила 35,0–25,9 %. В 2020 г. сорт Титан-17 (49,9 ц/га) превысил контроль на 17,1 %.

В среднем за годы исследований по уровню урожайности среди изученных сортов выделились Вихрь (41,1 ц/га), Олимп-15 (40,5 ц/га), Верас (40,4 ц/га) и Титан-17 (40,0 ц/га), но при этом они имели более высокий коэффициент вариации по годам ($V = 16,3–16,9 \%$), за исключением сорта Верас ($V = 15,2 \%$). Важным показателем сортов в изменяющихся условиях среды в разные годы произрастания является устойчивость к стрессу, уровень которого определяется как разность между минимальной и максимальной урожайностью ($y_1 - y_2$). На основании проведенных исследований было установлено, что сорта Герцог, Топаз, Яровит и Верас характеризовались наибольшей стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей (таблица 1). Показатель $(y_1 + y_2) / 2$ отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях и характеризует его генетическую гибкость и компенсаторную

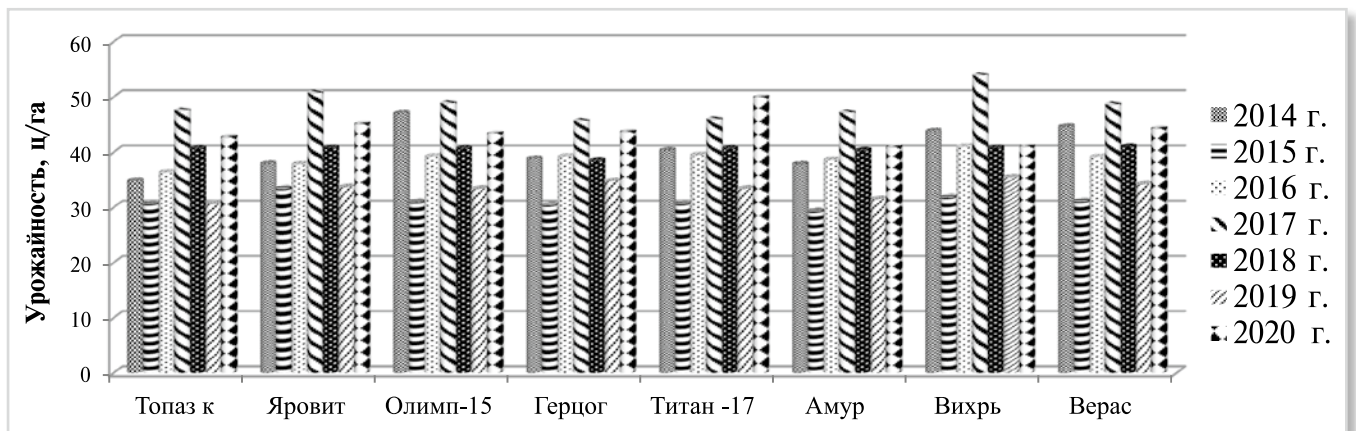


Рисунок 1 – Урожайность семян сортов ярового рапса в конкурсном сортоиспытании

способность. По нашим данным, сорта Вихрь и Яровит превысили контрольный сорт Топаз по данному признаку на 9,7 и 7,7 % соответственно.

Наибольший размах урожайности (таблица 2) отмечен у сортов Вихрь, Титан-17, Амур и Олимп-15 ($d = 41,0-36,5 \%$), минимальное значение показали сорта Герцог и Яровит ($d = 33,3$ и $34,1 \%$).

Комплексный показатель адаптивного потенциала сортов ПУСС позволяет одновременно учитывать уровень их урожайности, стабильность и пластичность. По данным наших исследований, показатели ПУСС и ИС были наибольшими у сортов Герцог (135,1 и 2,97), Верас (127,7 и 2,66) и Яровит (121,4 и 2,56), они же имели и наименьшие коэффициенты вариации урожайности ($V = 13,2 \%$; 15,2 и 15,6 %), т. е. характеризовались высокой стабильностью, пластичностью и адаптивностью,

благодаря чему способны обеспечивать стабильный уровень урожайности даже в сложных метеорологических условиях.

Одним из основных элементов структуры урожая является масса 1000 семян. Наиболее крупные семена яровой рапс формировал в годы с достаточным количеством осадков в период налива. Так, в 2014 г. самая высокая масса 1000 семян отмечена у сортов Олимп-15 (5,0 г), Верас (4,96 г) и Вихрь (4,92 г); в 2016 – Верас (5,28 г), Вихрь (5,2 г), Топаз (5,08 г) и Герцог (5,0 г); в 2019 г. – Олимп 15 (5,13 г), Амур (5,08 г) и Вихрь (4,98 г). В условиях засушливого 2018 г. семена сортов Амур, Вихрь и Верас были крупнее контрольного сорта Топаз на 11,4 %, 9,5 и 5,2 % соответственно (рисунок 2).

На основании полученных данных была проведена оценка взаимосвязи урожайности и массы 1000 семян

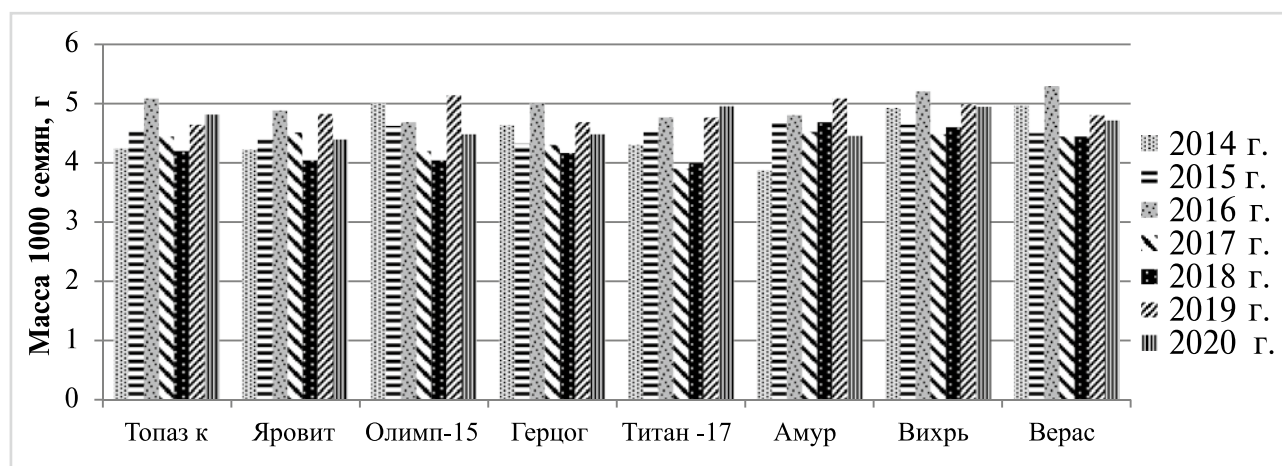


Рисунок 2 – Варьирование массы 1000 семян сортов ярового рапса в конкурсном сортоиспытании

Таблица 1 – Параметры урожайности, экологической пластичности и стабильности сортов ярового рапса (среднее, 2014–2020 гг.)

Сорт	Урожайность, ц/га	Предел урожайности, ц/га		y1 – y2	$\frac{y1 + y2}{2}$
		min (y1)	max (y2)		
Топаз (контроль)	37,6	30,6	47,5	-16,9	39,1
Яровит	39,9	33,4	50,7	-17,3	42,1
Олимп-15	40,5	31,0	48,8	-17,8	39,9
Герцог	38,7	30,4	45,6	-15,2	38,0
Титан-17	40,0	30,6	49,9	-19,3	40,3
Амур	37,9	29,3	47,1	-17,8	38,2
Вихрь	41,1	31,8	53,9	-22,1	42,9
Верас	40,4	31,1	48,6	-17,5	39,9

Таблица 2 – Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов ярового рапса (среднее, 2014–2020 гг.)

Сорт	Размах урожайности (d), %	Коэффициент вариации (V), %	Индекс стабильности (ИС)	ПУСС
Топаз (контроль)	35,6	16,8	2,24	100
Яровит	34,1	15,6	2,56	121,4
Олимп-15	36,5	16,3	2,49	119,7
Герцог	33,3	13,2	2,94	135,1
Титан-17	38,7	16,6	2,41	114,4
Амур	37,8	15,8	2,40	108,3
Вихрь	41,0	16,9	2,43	118,7
Верас	36,0	15,2	2,66	127,7

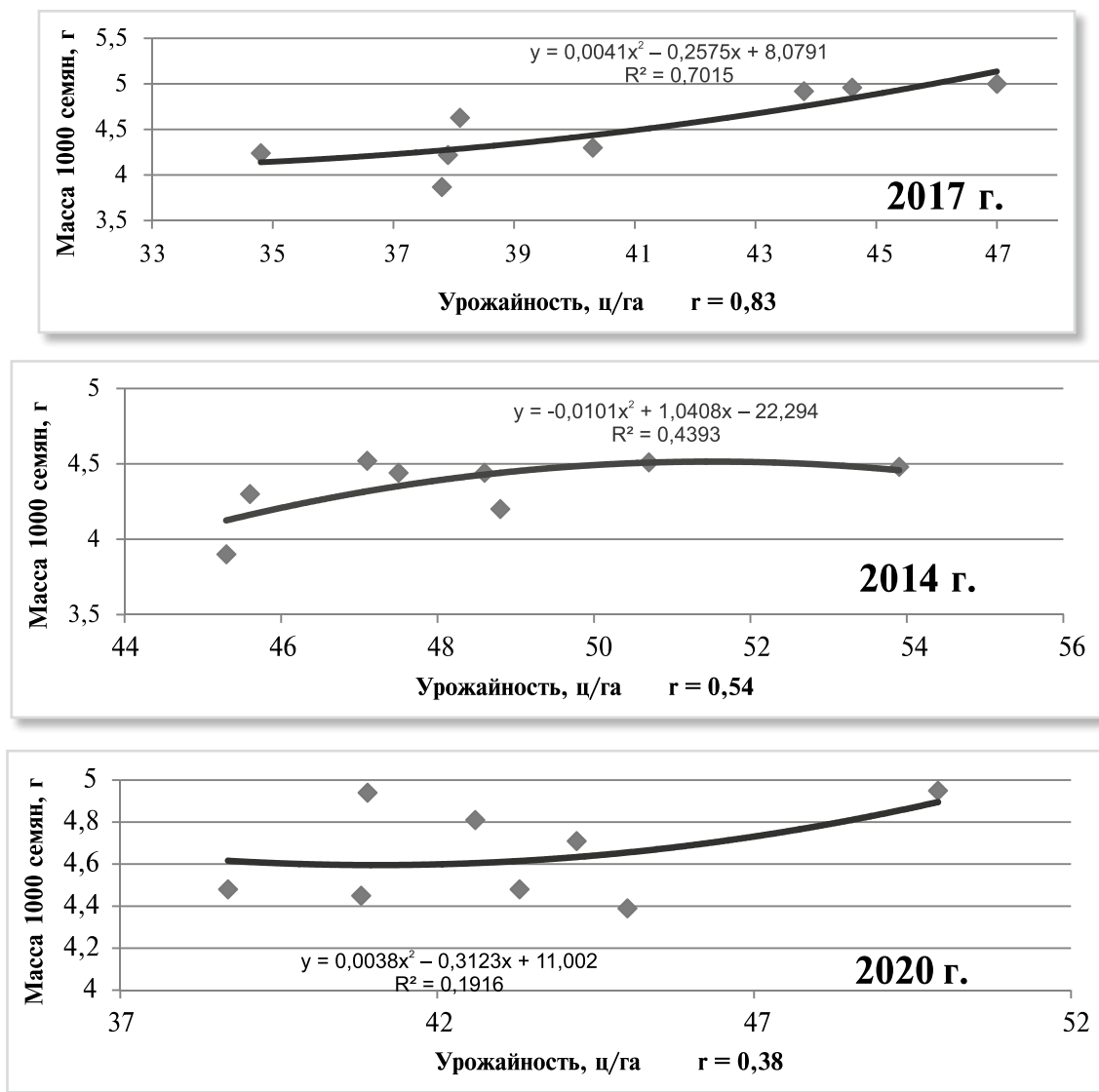


Рисунок 3 – Зависимость урожайности маслосемян рапса ярового от массы 1000 семян

у изученных сортов ярового рапса (рисунок 3). Положительная корреляционная связь сильной степени ($r = 0,83$) между этими признаками выявлена в 2014 г. В 2017 г. и 2020 г. отмечалась корреляционная зависимость средней степени между продуктивностью и массой 1000 семян – $r = 0,54$ и $0,38$ соответственно. Установлено, что наибольшее влияние на крупность семян оказали условия года.

Заключение

По урожайности маслосемян среди изученных сортов ярового рапса выделились Вихрь (41,1 ц/га), Олимп-15 (40,5 ц/га), Верас (40,4 ц/га) и Титан-17 (40,0 ц/га). Наибольший размах урожайности по годам исследований отмечен у сортов Вихрь, Титан-17, Амур и Олимп-15 ($d = 41,0-36,5 \%$), наименьший – у сортов Герцог и Яровит ($d = 33,3$ и $34,1 \%$).

Сорта Герцог, Топаз, Яровит и Верас обладали стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей. Высоким уровнем пластичности и стабильности характеризовались сорта Герцог (ПУСС = 135,1; ИС = 2,97), Верас (ПУСС = 127,7; ИС = 2,66) и Яровит (ПУСС = 121,4; ИС = 2,56) при наименьших коэффициентах вариации урожайности ($V = 13,2 \%$; $15,2$ и $15,6 \%$). Наиболее продуктивные и стабильные

сорта будут иметь преимущество в стрессовых условиях среды при возделывании их в производстве для получения маслосемян.

На основании полученных данных была проведена оценка взаимосвязи уровня урожайности с массой 1000 семян у сортов ярового рапса. Выявлена положительная корреляционная связь сильной степени ($r = 0,83$) между этими показателями в 2014 г., а также зависимость средней степени ($r = 0,54$ и $0,38$) в 2017 г. и 2020 г.

Литература

1. Пилиук, Я. Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилиук. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Привалов, Ф. И. Рапс – основная масличная культура Республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пилиук // Рапс: настоящее и будущее: к 30-летию возделывания рапса в Беларуси: материалы III Международной научно-практической конференции, Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 3–12.
3. Технологические основы возделывания ярового рапса в Республике Беларусь / Я. Э. Пилиук [и др.] // Земледелие и защита растений. Масличные культуры: сорта и совершенствование технологии возделывания. – 2018. – Приложение к журналу № 1. – С. 33–37.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регла-

- ментов / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380–396.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 6. Грязнов, А. А. Селекция ячменя в Северном Казахстане / А. А. Грязнов // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
 7. Неттевич, Э. Д. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна / Э. Д. Неттевич, А. И. Моргунов, М. И. Максименко // Вестник с.-х. науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.
 8. Пиллюк, Я. Э. Оценка экологической стабильности районированных и перспективных сортов озимого и ярового рапса / Я. Э. Пиллюк, О. А. Пикун, Н. Н. Бобко // Земледелие, растениеводство, селекция: настоящее и будущее: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Жодино, 15–16 ноября, 2012 г., т. 2 / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2012. – С. 138–141.

УДК 633.15:631.527.8:303.723

Корреляционный анализ оценки скороспелости гибридов кукурузы по ФАО

Н. Ф. Надточаев, Д. В. Лужинский, кандидаты с.-х. наук,
А. З. Богданов, младший научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 26.02.2021 г.)

Проведен корреляционный анализ определения скороспелости гибридов по числу ФАО при выращивании кукурузы в центральной зоне Беларуси по количеству дней от всходов до цветения початков, листьев на одном растении, содержанию сухого вещества в растении и влаги в зерне при уборке. Показано, что два последних показателя дают более точный результат независимо от погодных условий года. Установлено несоответствие числа ФАО, присвоенного оригинаторами гибридов, поэтому для адекватной оценки скороспелости это следует делать в зоне товарного производства. В зависимости от цели использования гибрид может иметь различное число ФАО, особенно в отношении гибридов с низкой долей зерна в урожае сухого вещества.

Введение

Классификация биотипов кукурузы по скороспелости необходима для обоснованного подбора гибридов с учетом агроклиматических условий. Сложность данного вопроса заключается в том, что адаптация и связанная с ней скороспелость гибридов находится в сильной зависимости от теплообеспеченности и длины дня конкретной зоны, где они выращиваются [1].

Международной организацией по сельскому хозяйству и продовольствию при ООН (ФАО) для сравнения отдельных гибридов, возделываемых в разных странах, была разработана шкала скороспелости, разделенная на 9 групп [2]. Каждый класс обозначен числом. Наиболее скороспелые гибриды отнесены к классу от 100 до 199, наиболее позднеспелые – к классу от 900 до 999. Для каждого класса в качестве стандарта был взят известный гибрид. Удобство подсчета числа ФАО позволило выстроить стройную систему определения скороспелости гибридов. Например, если два стандартных гибрида с ФАО 160 и 240 при уборке имели влажность зерна 20 % и 25 %, то вновь созданному гибриду, который показал влажность зерна 22 %, следует присвоить число ФАО 190. Оно получено на основании следующих расчетов: $(240 - 160) : (25 - 20) \times (22 - 20) + 160 = 192$ [3]. За основу расчета может браться не только влажность зерна, но

Carried out correlation analysis of determination the early maturity of hybrids by number of FAO when growing corn in the central zone of Belarus according to the numbers of days from germination to flowering of a cob of corn and leaves on one plant, dry matter content in the plant and moisture in grain during harvesting. It is shown that the last two indicators give a more accurate result regardless of the weather conditions of the year. A discrepancy was found in the value of the number of FAO assigned by the originators of hybrids, so for an adequate assessment of precocity, this should be done in the field of commercial production. Depending on the intended use, a hybrid can have a different the number of FAO, especially in relation to hybrids with a low proportion of grain in the dry matter yield.

и содержание сухого вещества в растении (при выращивании на силос) или другие показатели скороспелости. Вполне может быть, что у одного и того же гибрида развитие початка и листостебельной массы (за счет эффекта «stay green», с одной стороны, и быстрой влагоотдачи зерном, с другой) может идти не одновременно. По этой причине у одного и того же гибрида может быть разное число ФАО, исходя из целевого использования. К тому же подсчет числа ФАО был разработан в «кукурузном поясе» США, где выращиваются относительно позднеспелые гибриды. Что касается более ранних групп спелости (ФАО 100–300), то при продвижении их на север развитие гибридов может быть непредсказуемым, что в сильной степени связано с генетическим происхождением и их реакцией на холод. Замечено, что растения теплолюбивых гибридов в холодные годы значительно задерживают свое развитие. Поэтому созданный в одной климатической зоне гибрид не всегда проявляет себя аналогично и в другой. Есть ряд и других причин несоответствия скороспелости числу ФАО. Подсчет числа ФАО в разных странах может отличаться, поскольку нет единых стандартов, на чем базируется предложенная ФАО классификация. Поэтому адекватная оценка скороспелости может быть получена изучением гибрида в тех условиях, где предполагается его использование,