

Влияние сроков посева на фотосинтез тритикале в условиях Приамурья

А. А. Муратов¹✉, В. В. Епифанцев¹

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

✉ E-mail: nic_dalgau@mail.ru

Аннотация. В Амурской области за последнее десятилетие в структуре посевных площадей доля сои достигла 73,7 %, ухудшилось фитосанитарное состояние агроценозов, существенно возросла пестицидная нагрузка на поля, что влечет новые экологические риски. Некоторому снижению данной нагрузки может способствовать увеличение доли зерновых культур, в том числе и тритикале. **Целью** исследования являлось установление эффективного срока посева сортов яровой тритикале, обеспечивающего оптимальную фотосинтетическую активность агроценозов в условиях Приамурья. Использована **методика** полевого опыта Б. А. Доспехова и определения фотосинтетической активности посевов А. А. Ничипоровича. **Научная новизна.** Оценена фотосинтетическая активность сортов яровой тритикале при разных сроках посева в различные по метеорологическим условиям годы. **Результаты.** Наибольшая площадь листового аппарата формируется при посеве 29 апреля, достигая максимальных значений в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м²/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м²/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м²/га. Корреляционный анализ выявил прямолинейное и сильное влияние сроков посева на формирование ассимиляционного аппарата растений и урожайность яровой тритикале ($r_{xy} = 0,833$). Получены статистически значимые различия $p = 0,016$. В уравнении регрессии, при увеличении площади листьев на 1 тыс. м²/га, ожидается прирост урожайности зерна тритикале на 0,056 т/га. Фотосинтетический потенциал сортов различался в годы исследований и зависел от величины ассимилирующей поверхности и продолжительности работы листьев. Установлено закономерное снижение чистой продуктивности фотосинтеза от раннего срока посева к позднему. Наибольшее значение ЧПФ получено при посеве 15.04–2,03 г/м² в сутки. Элементы, составляющие фотосинтез, позволили получить урожайность зерна сорта Ярило – 2,26 т/га, Укро – 2,61 т/га и Кармен – 2,23 т/га.

Ключевые слова: площадь листьев, сухое вещество, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, срок посева, сорт, тритикале, корреляция, урожайность.

Для цитирования: Муратов А. А., Епифанцев В. В. Влияние сроков посева на фотосинтез тритикале в условиях Приамурья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39.

Дата поступления статьи: 21.12.2022, **дата рецензирования:** 30.01.2023, **дата принятия:** 09.02.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Мировая посевная площадь тритикале (*×Triticosecale*) – 5 млн га. В Польше она составляет 1,3–1,5 млн га, или 28 % от мировой, в Беларуси – более 0,5 млн га, или 12 % от всех посевов. Меньшие площади находятся в Германии, Франции и других странах. В России она занимает около 141 тыс. га. Наибольшие валовые сборы зерна тритикале приходятся на Польшу (5,2 млн т, что составляет 31 % от мировых), Беларусь – 2,07 (18–20 %), Германию – 2,97 и Францию – 2,02 млн т. В России они составляют 624 тыс. т. В стране лидерами по сбору тритикале являются Белгородская область (95,5 тыс. т, или 16,9 %), Волгоградская область (38,9 тыс. т, или 6,9 %) и Курская область

(35,9, или 6,4 %). Наибольшие посевные площади этой культуры в Центральном ФО – 41,1 %, Приволжском ФО – 18,2 % и Южном ФО – 17,8 %. На долю Дальневосточного ФО приходится 1,6 % от всех площадей тритикале в России. В тритикале генетически заложен высокий потенциал биологической продуктивности, в несколько раз превышающий возможности пшеницы и ржи. Среди злаковых зерновых эта культура наиболее высокоустойчива к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [1]. Благодаря этим качествам мировой ареал распространения тритикале ежегодно увеличивается.

В Амурской области сконцентрировано 30 % посевов сои от общей площади ее посевов в Рос-

сии. Среди полевых культур она занимает ведущее место и имеет коммерческое значение. По данным Росстата, в структуре всех посевов (1137,4 тыс. га) она занимает 844,3 тыс. га, или 74,2 %. На долю зерновых культур здесь приходится 232 тыс. га, или 19,6 %, в том числе пшеницы – 146,6 тыс. га, или 12,4 %, ячменя – 34,2 тыс. га, или 2,9 %, овса – 30,9 тыс. га, или 2,7 % [2]. Многие хозяйства выращивают сою как монокультуру. Отсутствие севооборотов ухудшает фитосанитарное состояние агроценозов, повышает засоренность и пестицидную нагрузку на полях, нарушает физические и химические свойства почвы, снижает урожайность полевых культур [3]. Так, урожайность сои в последнее десятилетие колебалась в пределах 1,11 (2016 г.) – 1,32 т/га (2019 г.), пшеницы – от 0,96 (2010 г.) до 2,28 т/га (2016 г.), соответственно в эти годы ячменя 0,89–1,95 т/га и овса 0,7–1,85 т/га. Тритикале как высокопродуктивная зерновая культура наряду с кукурузой может занять достойное место на полях Приамурья.

Фотосинтез – сложный физико-химический, биохимический и физиологический процесс, происходящий в зеленых растениях, способствующий преобразованию электромагнитной энергии солнца в энергию органических соединений и образованию из неорганических веществ органических. В благоприятных условиях растения поглощают 80–90 %, в менее благоприятных 50–60 % фотосинтетически активной радиации (ФАР). Только 22,4–28 % ФАР превращается в химическую энергию органических веществ. На долю углерода, кислорода и водовода приходится 90 % сухого вещества растений. То есть 90–95 % будущего урожая – это потенциальная химическая энергия фотосинтеза, первично усвоенная растениями [4]. Значит, в химическую энергию органической массы урожая превращается не более 5–10 % попадающей на посевы ФАР.

Процесс фотосинтеза имеет большое значение для обеспечения всей жизни на Земле. Современные работы физиологов растений направлены на сохранение и поддержание высокого уровня фотосинтетической деятельности естественной растительности и максимальное повышение фотосинтетической продуктивности культурных растений. Величина урожая зависит от темпов нарастания и длительности активного функционирования листьев. Она тесно связана с формой, строением, пространственным расположением и площадью листьев [5; 6].

На работу фотосинтетического аппарата влияют экологические факторы и агротехнические приемы, их возможность удовлетворять биологические потребности растений. Агротехнический прием эффективен в том случае, если он направлен на обеспечение лучшей освещенности листового

аппарата, увеличение продолжительности его активной деятельности и формирование оптимальной площади листьев [7].

Проводимые в настоящее время мировые селекционно-генетические и агротехнические работы свидетельствуют о тесной связи минерального питания и водного режима растений с процессами фотосинтеза [8]. Оптимизация этих условий способствует увеличению площади листьев, оптической и геометрической плотности посевов, более полному использованию энергии солнечного света и углекислого газа воздуха. Обоснование оптимальных приемов агротехники, направленных на усиление факторов, увеличивающих продуктивность растений, а также на уменьшение и устранение неблагоприятных условий, ограничивающих их продуктивность, – важная задача разрабатываемой теории фотосинтетической продуктивности в нашей стране и за рубежом.

В Амурской области яровая тритикале возделывается сравнительно недавно, но уже показало хорошие результаты и зарекомендовало себя как фуражная культура [9–12]. Ранее влияние сроков посева на фотосинтетическую деятельность яровой тритикале здесь не изучалось. Полученные данные помогут аграриям оптимизировать производственный процесс этой новой и весьма перспективной культуры. Для выявления эффективности срока посева необходимо определить величину листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистую продуктивность фотосинтеза посевов и взаимосвязи их с урожайностью тритикале.

Целью исследования являлось установление эффективного срока посева сортов яровой тритикале, обеспечивающего оптимальную фотосинтетическую активность агроценозов в условиях Приамурья.

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная работа проведена в 2014–2016 гг. на опытном поле Дальневосточного ГАУ, расположенном в типичных условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области.

Агрометеорологические условия во время исследований были контрастны. Так, 2015 г. отличался от средних многолетних показателей недостатком тепла весной, большим количеством осадков в июле. Благоприятными по распределению температур и осадков для возделывания культуры были 2014 и 2016 гг. Метеорологические показатели в эти годы были близки или выше многолетних значений. Почва опытного участка – лугово-черноземовидная среднемощная [13]. Гумуса в ней содержалось в пределах 3,7–3,9 %, степень кислотности $pH_{\text{соль}}$ 5,5 – среднекислая, гидролитическая кислотность низкая [14].

Метод исследований – полевой двухфакторный опыт. Схема опыта: фактор А – сорт: 1. Ярило; 2. Укро – стандарт (St); 3. Кармен; фактор Б – срок посева: 1. 15 апреля (15.04); 2. 22 апреля (22.04) – контроль (к); 3. 29 апреля (29.04); 4. 5 мая (05.05). Каждому сорту соответствовало четыре срока посева. Площадь посевной делянки – 31,5 м², учетной – 24 м². Повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое [15].

Предшественник – соя. Семена тритикале высевались сеялкой СН-16 в агрегате с трактором Dongfeng. Способ посева сплошной рядовой, ширина междурядий – 15 см, глубина заделки семян – 5 см. Норма высева – 5 млн шт. на 1 га всхожих зерен.

Фотосинтетическую активность посевов определяли по методике А. А. Ничипоровича [16]. Фотосинтетический потенциал посевов (ФП) определяли суммированием средней площади листьев за весь период и умножением на число дней. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по формуле:

$$\text{ЧПФ} = (M_2 - M_1) : t \times Л, \text{ г/м}^2 \text{ в сутки}, \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – сухая масса растений в начале и конце учетного периода;

$M_2 - M_1$ – прирост сухого вещества за время t ;
Л – листовая поверхность (средняя величина).

Статистическую обработку результатов исследований проводили методами корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов с использованием пакета прикладных программ Excel 2003, Statgraphics и StatTech v. 2.1.0.

Результаты (Results)

Различные сроки посева семян существенно влияют на характер формирования площади листовой поверхности сортов яровой тритикале. В полевых исследованиях определяли площадь листьев тритикале во время наступления основных фаз роста и развития растений. Наибольшая величина ассимиляционного аппарата в 2014 г. была у сорта Укро при посеве 29.04. В этом варианте опыта она достигала 48,9 тыс. м²/га. Аналогично при посеве 29.04 в этом году другие изучаемые сорта также формировали наибольшую площадь листьев по сравнению с посевами, проведенными 15.04, 22.04 и 05.05. При учете, проведенном 07.07, площадь листьев сорта Ярило уступала площади листьев сортов Кармен и Укро. Благоприятное сочетание влажности почвы и температуры воздуха в 2014 г. до фазы цветения сортов тритикале позволило во всех вариантах опыта получить высокие показатели площади листьев относительно следующих лет проведения исследований. В 2015 г. во время роста и развития растений был получен самый низкий показатель площади ассимиляционного аппарата как по изучаемым сортам, так и по вариантам срока их

посева. В лучшем варианте площадь листьев яровой тритикале не превышала 26,6 тыс. м²/га. В 2016 г. площадь листовой поверхности в изучаемых вариантах сроков посева была ниже показателей 2014 г., но выше значений, полученных в 2015 г. Наибольшая листовая поверхность тритикале сформировалась при наступлении фазы цветения у сорта Укро при сроке посева 15.04 и составила 37,2 тыс. м²/га.

Сводные средние данные за три года исследований позволили установить закономерные зависимости площади ассимиляционного аппарата сортов тритикале от сроков посева семян. Наибольшая величина площади листового аппарата у всех изучаемых сортов формируется при их посеве в третьем варианте – 29.04. Максимальных значений она достигает в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м²/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м²/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м²/га (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в период кущения сорта Укро и Кармен быстро формируют фотосинтетический аппарат при посеве 22.04, а сорт Ярило – при посеве 15.04. В фазу выхода в трубку при посеве 22.04 у сортов Ярило и Укро он больше, чем у сорта Кармен. В фазу цветения все изучаемые сорта формируют максимальную площадь листьев при посеве 29.04. В среднем за время эксперимента при посеве 05.05 у всех сортов значения площади листьев были наименьшими. Отмеченная закономерность также сохранялась далее при наступлении фаз созревания зерна. Из рис. 1 видно, что до цветения у тритикале преобладает рост вегетативных органов, затем он замедляется, начинается рост репродуктивных и запасающих органов. Процесс нарастания количества, массы и площади листьев из количественных изменений, переходит в качественный – формирование урожая.

Корреляционный анализ влияния сроков посева на формирование ассимиляционного аппарата растений яровой тритикале выявил статистически значимые различия ($p = 0,016$). Сформированная площадь листьев оказывает прямолинейное и сильное влияние на формирование урожая ($r_{xy} = 0,833$) всех сортов тритикале. Зависимость значений площади листьев и урожайности в опыте описывается следующим уравнением парной линейной регрессии:

$$Y = 0,0557 \times X + 4,463, \quad (2)$$

где Y – урожайность, т/га;

X – площадь листьев, тыс. м²/га.

Оно показывает, что при увеличении площади листьев на 1 тыс. м²/га следует ожидать прирост урожайности зерна тритикале на 0,056 т/га (рис. 1).

Показанная на рис. 2 модель зависимости между площадью листьев и урожайностью зерна тритикале объясняет 69,4 % наблюдаемой дисперсии.

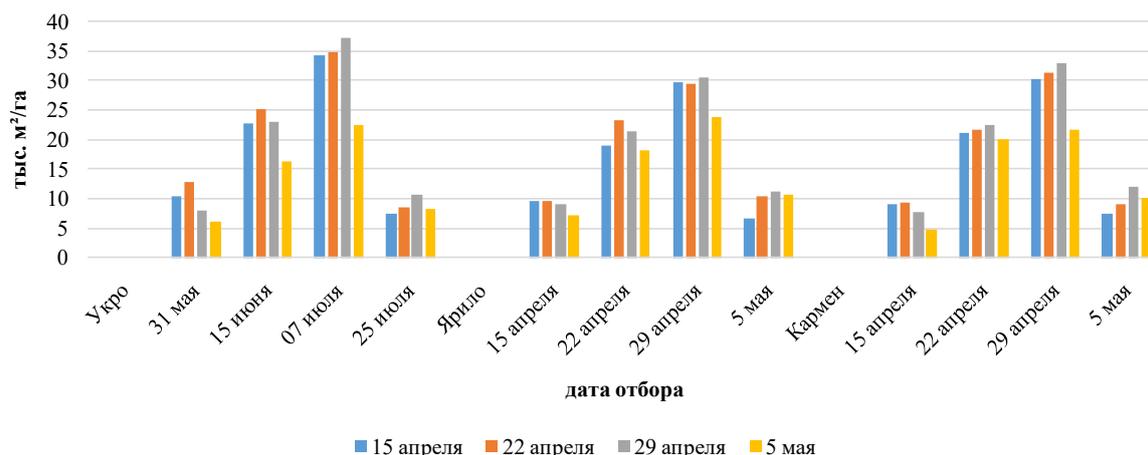


Рис. 1. Динамика изменения площади листьев в период роста и развития сортов яровой тритикале в зависимости от срока посева, тыс. м²/га, 2014–2016 гг.

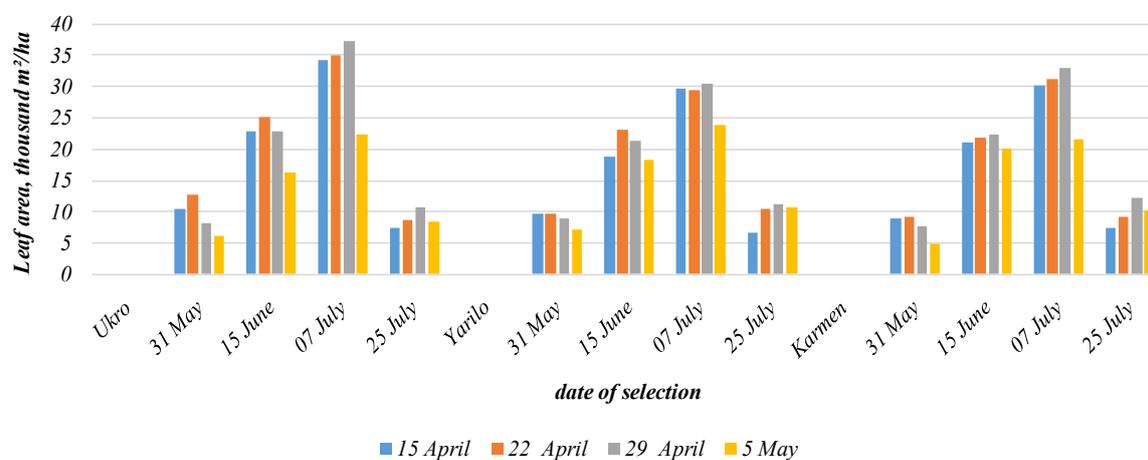


Fig. 1. Dynamics of change in leaf area during growth and development of spring triticale varieties depending on sowing date, thousand m²/ha, 2014–2016

В зависимости от складывающихся факторов жизни растения либо увеличивают площадь листовой поверхности, либо повышают интенсивность работы уже сформировавшихся листьев. Оптимальные рост и развитие ассимиляционного аппарата достигаются при благоприятных погодных условиях в конкретном регионе. Фотосинтетический потенциал (ФП) – важный показатель, характеризующий суммарную работу листьев в посевах за вегетационный период сортов яровой тритикале [17].

Изучаемые сорта отличались по ФП посевов в зависимости от погодных условий и продолжительности вегетационного периода. ФП сортов различался в годы исследований и зависел от величины ассимилирующей поверхности и продолжительности работы листьев. Наименьшим он был в 2015 г., когда растения тритикале подвергались резким колебаниям дневных и ночных температур на протяжении всего периода вегетации. Значительный недостаток тепла в мае также повлиял на величину ФП культуры. Дожди, прошедшие в начале лета 2014 г., на фоне положительных температур воздуха способствовали увеличению ФП всех изучаемых

сортов, посеянных в апреле, и наоборот, снизили этот показатель при последнем сроке посева в мае. В 2016 г. – относительно благоприятном для роста и развития растений тритикале по метеорологическим условиям – колебания ФП между сроками посева и сортами были меньшими и близки к средним показателям за время проведения исследований.

В среднем за период эксперимента посевы сорта Укро в варианте срока посева 15.04 показали более высокий ФП по сравнению с аналогичными вариантами сроков посева сортов Ярило и Кармен (рис. 3).

Сроки посева влияют на фотосинтетический потенциал сортов яровой тритикале. Оценивая влияние сроков посева на фотосинтез, можно отметить, что самый высокий ФП был при посеве в третьей декаде апреля 29.04, а наименьший у всех изучаемых сортов – при майском сроке сева 05.05. Колебания значений ФП за вегетационный период у сорта Укро были в пределах от 1063,6 до 1650,0, у сорта Ярило – от 1155,2 до 1458,4, у сорта Кармен – от 1101,4 до 1478,5 тыс. м² × дней/га. Гистограмма и кривая линия, иллюстрирующая зависимость ФП

сортов тритикале, представлена парабола на рис. 3. Максимальное значение ФП у сортов Укро и Ярило получено при посеве 22.04, а у сорта Кармен – 29.04. При ранних (15.04) и поздних (05.05) сроках посева показатели ФП закономерно снижались.

Сроки посева оказывают влияние на содержание сухого вещества в ассимиляционном аппарате сортов яровой тритикале. В полевых условиях отбирали пробы растительного материала в аналогичные учету площади листьев сроки, затем измеряли их массу, в лаборатории исключали воду и возможные погрешности и рассчитывали сухое вещество, сформированное растениями тритикале во время наступления основных фаз роста и развития.

В проведенных исследованиях было установлено, что в отобранных пробах до середины июня (15.06) растения, выросшие при посеве в более

ранние сроки (15.04 и 22.04), накапливали сухого вещества больше, чем посева, проведенные 29.04 и 05.05 (таблица 1).

Наиболее заметна эта закономерность у сорта Укро при учете массы растений 31.05, где различия по содержанию сухого вещества между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева составили 68,1 %, менее значимые различия были между первым и последним сроками посева у сортов Ярило и Кармен – в пределах 42,3 % и 50 % соответственно. При анализе отобранных проб 15.06 различия по массе накопленного растениями сухого вещества между сроками посева снизилось у сорта Укро до 45,5 %, сорта Кармен – до 36,7 %, а у сорта Ярило, наоборот, возросло до 62,7 %. Объяснить это можно сортовыми особенностями: сорт Ярило генетически низкорослый, в первую половину вегетации слабо набирает вегетативную массу.

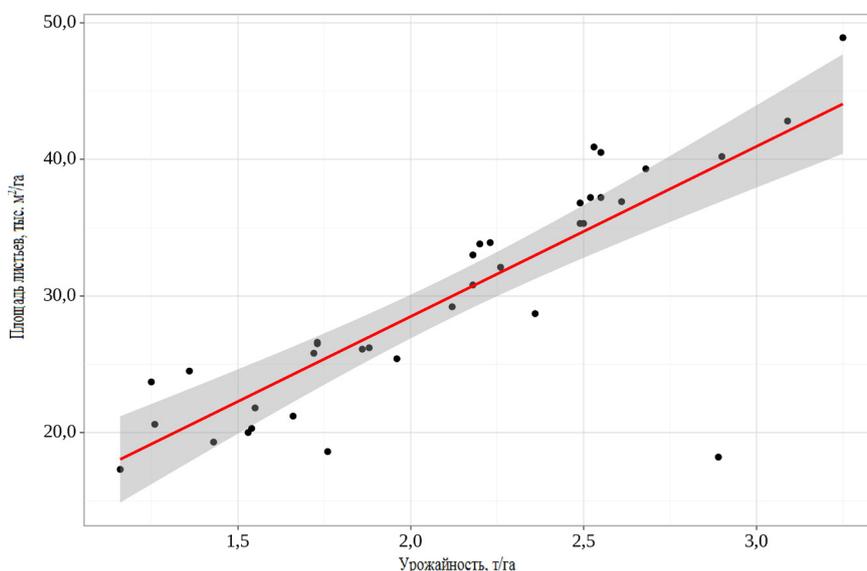
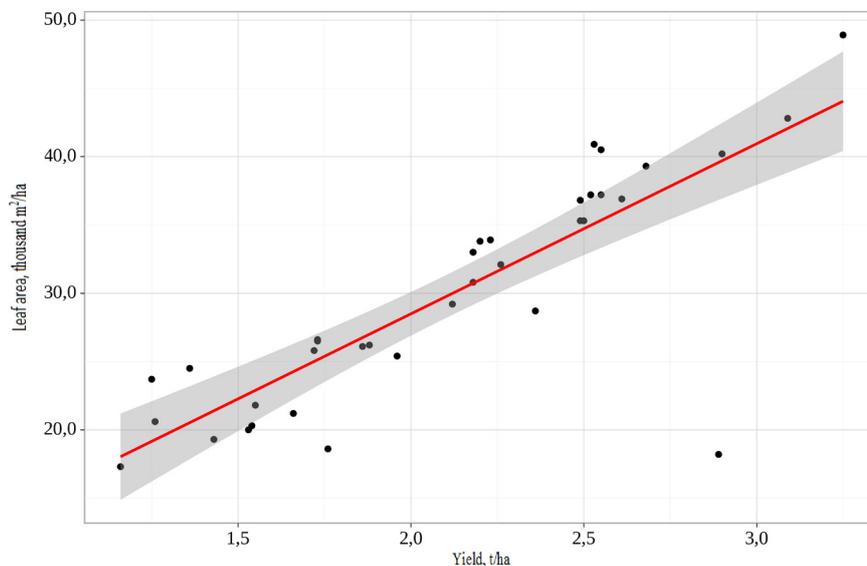


Рис. 2. Зависимость между площадью листьев и урожайностью зерна тритикале



Pict. 2. Connection between leaf area and grain yield of triticale

Влияние срока посева на накопление сухого вещества растениями тритикале, кг/га, 2014–2016 гг.

Срок посева	Дата учета				За сутки
	31.05	15.06	7.07	25.07	
Ярило					
15.04	260	830	1750	2550	33,6
22.04 (к)	250	690	1640	2770	40,1
29.04	230	500	1340	2410	38,9
05.05	150	310	1260	2100	35,0
Среднее	223	583	1498	2458	36,8
Укро					
15.04	470	880	1640	3160	41,6
22.04 (к)	360	820	1610	3250	47,1
29.04	240	680	1420	2950	42,8
05.05	150	480	1360	2650	43,4
Среднее	305	715	1508	3003	43,7
Кармен					
15.04	320	980	1720	2710	37,1
22.04 (к)	280	940	1680	2800	39,4
29.04	220	750	1920	2850	43,8
05.05	160	620	1450	2330	38,2
Среднее	245	883	1693	2673	39,6

Table 1

The effect of sowing date on dry matter accumulation by triticale plants, kg/ha, 2014–2016

Sowing term	Posting date				Per day
	31.05	15.06	7.07	25.07	
Yarilo					
15.04	260	830	1750	2550	33.6
22.04 (c)	250	690	1640	2770	40.1
29.04	230	500	1340	2410	38.9
05.05	150	310	1260	2100	35.0
Average	223	583	1498	2458	36.8
Ukro					
15.04	470	880	1640	3160	41.6
22.04 (c)	360	820	1610	3250	47.1
29.04	240	680	1420	2950	42.8
05.05	150	480	1360	2650	43.4
Average	305	715	1508	3003	43.7
Karmen					
15.04	320	980	1720	2710	37.1
22.04 (c)	280	940	1680	2800	39.4
29.04	220	750	1920	2850	43.8
05.05	160	620	1450	2330	38.2
Average	245	883	1693	2673	39.6

Анализ накопленного растениями сухого вещества 07.07 при вступлении растений в фазу массового колошения, цветения и начала молочной спелости [18] показал, что наибольшая масса сухого вещества у всех сортов была при посеве 15.04, однако разница между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева сократилась у сорта Укро до 17,1 %, Ярило – 28 % и у сорта Кармен до 15,7 %. Учет массы сухого вещества 25.07 показал, что

больше его накопилось у сортов Укро и Ярило при втором сроке посева 22.04, а у сорта Кармен – при третьем сроке посева 29.04. При апрельских сроках посева разница по массе накопленного сухого вещества у сорта Укро не превышала 48,9 %, Ярило – 11,5 % и сорта Кармен не более 31,3 % соответственно. Майские посевы 05.05 во все сроки анализа отобранных проб по сравнению с контролем приводили к снижению массы накопленного сухого

вещества на 16,8–58,3 %. Проведенный корреляционный анализ между сроками посева и массой накопленного сухого вещества сортами яровой тритикале не выявил статистически значимых различий ($p = 0,125$). Корреляционная зависимость между накопленным сухим веществом и урожайностью сортов тритикале ($r_{xy} = 0,429$) средняя.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризуется весовым количеством сухой биомассы, создаваемой растениями в течение суток, в расчете на 1 м² площади листьев. Она зависит как от физиологического состояния растений, так и от обеспеченности их факторами внешней среды, в первую очередь влагой и температурой [19].

В результате исследований было установлено закономерное снижение чистой продуктивности фотосинтеза от раннего срока посева к позднему. Наименьшее значение ЧПФ было при последнем сроке посева 05.05 – 1,73 г/м² в сутки, а наибольшее в варианте первого срока посева 15.04 – 2,03 г/м² в сутки. Разница между этими вариантами составила 17,3 % (рис. 4).

Показатели ЧПФ в 2016 г. были ниже, чем в 2014 и 2015 гг. Различие по годам наблюдалось у всех изучаемых сортов, что объясняется влиянием метеорологических условий года на работу ассимиляционного аппарата.

Изменение показателя в ЧПФ посевах тритикале как по годам, так и в зависимости от сроков посева были различными. Наибольшее значение ЧПФ за вегетационный период сортов было отмечено в 2015 г. при первом сроке посева 15.04 (в пределах 2,30–2,41 г/м²) в сутки. В 2014 г. значения ЧПФ также находились на высоком уровне. Пояснить выявленную закономерность можно высокой полевой всхожестью растений в эти годы. Наиболее заметно она проявилась у сорта Укро, когда всхожесть при посеве 05.05 достигла 97,6 %, в результате ЧПФ за вегетационный период составила 2,58 г/м² в сутки. В 2016 г. показатели ЧПФ не превышали 1,7 г/м² в сутки, поэтому не было установлено четкой зависимости изменений уровня ЧПФ от сроков посева.

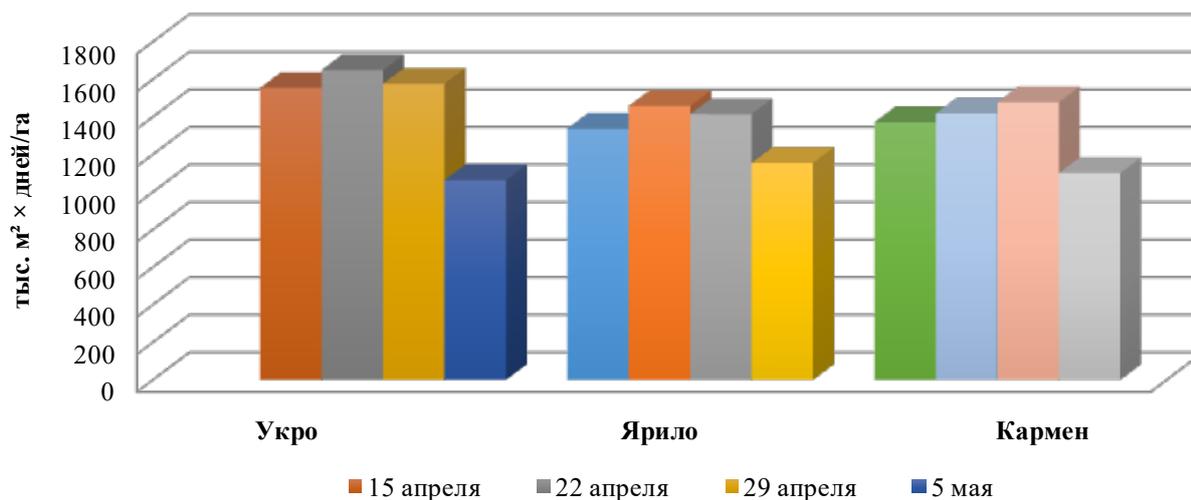
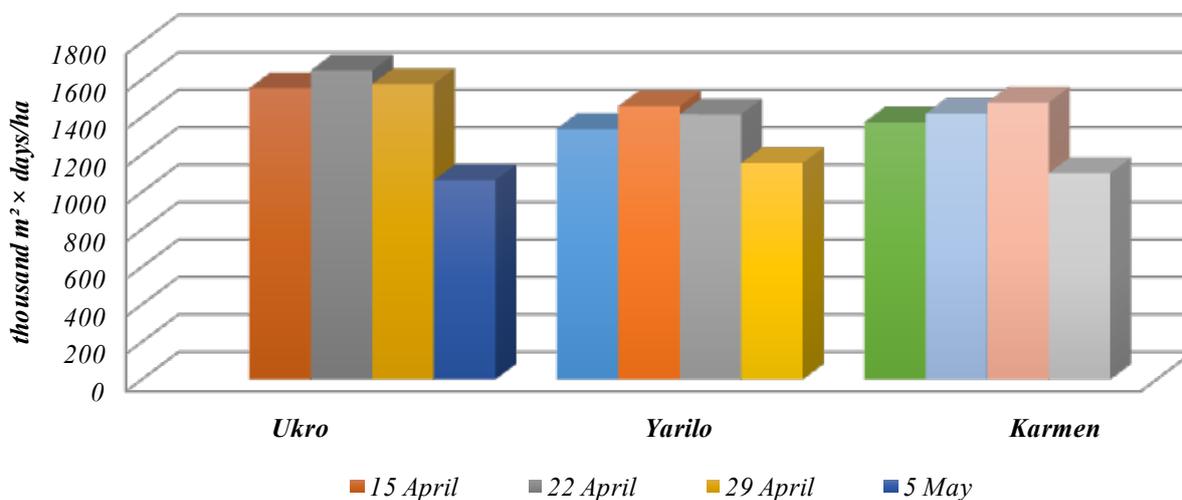


Рис. 3. Фотосинтетический потенциал сортов яровой тритикале при различных сроках посева, 2014–2016 гг.



Pict. 3. Photosynthetic potential of spring triticale varieties at different sowing dates, 2014–2016

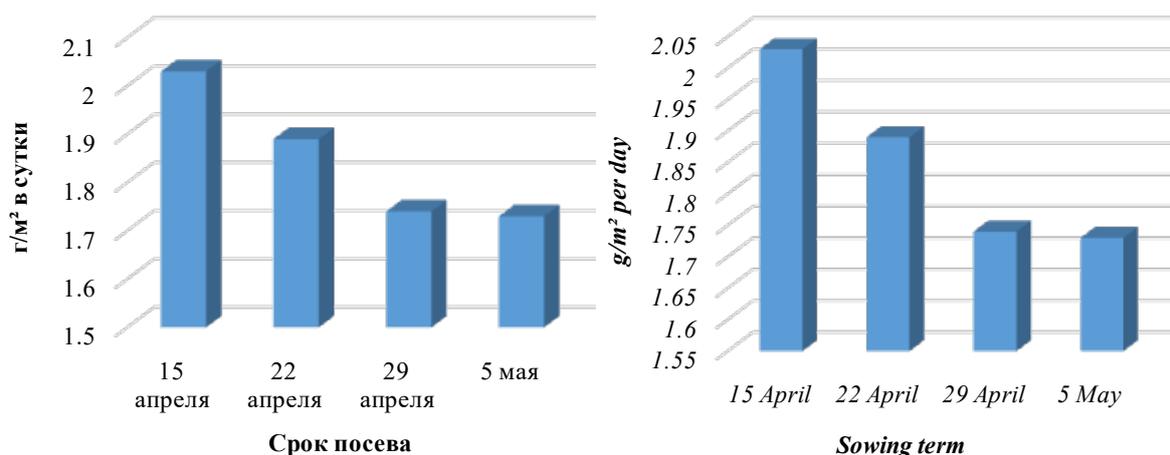


Рис. 4. Влияние срока посева на чистую продуктивность фотосинтеза тритикале, г/м² в сутки, 2014–2016 гг. Pict. 4. Effect of sowing date on net photosynthetic productivity of triticale, g/m² per day, 2014–2016

Таблица 2
Влияние срока посева на урожайность яровой тритикале, т/га, 2014–2016 гг.

Фактор А – сорт	Фактор Б – дата посева				Прибавка срока, ± к контролю		
	15.04	22.04 (к)	29.04	05.05	15.04	29.04	05.05
Ярило	2,20	2,18	2,26	1,88	0,02	0,08	–0,3
Укро (St.)	2,52	2,49	2,61	2,36	0,03	0,12	–0,13
Кармен	2,12	2,18	2,23	1,73	–0,06	0,05	–0,45

HCP₀₅ – 0,08; по А – 0,04; Б – 0,05.

Table 2
Effect of sowing date on spring triticale yields, t/ha, 2014–2016

Factor A – variety	Factor B – sowing term				Time increase, ± to control		
	15.04	22.04 (c)	29.04	05.05	15.04	29.04	05.05
Yarilo	2.20	2.18	2.26	1.88	0.02	0.08	–0.3
Ukro (St.)	2.52	2.49	2.61	2.36	0.03	0.12	–0.13
Karmen	2.12	2.18	2.23	1.73	–0.06	0.05	–0.45

LSD₀₅ – 0,08; no A – 0,04; B – 0,05.

Процесс формирования урожая не только количественный, но и качественный. От площади ассимиляционного аппарата и накопления сухого вещества, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза зависит величина выращенного урожая.

В результате исследований было установлено, что в среднем за три года все изучаемые сорта тритикале обеспечили наибольшую урожайность зерна при посеве 29.04 (таблица 2).

Наиболее высокую урожайность зерна при всех сроках посева показал сорт Укро. Так, при первом сроке посева 15.04 она превысила урожайность сортов Ярило и Кармен на 12,7 % и 15,9 % соответственно. При втором сроке 22.04 урожайность была больше на 12,3 %. При наиболее оптимальном сроке посева 29.04 превышение урожайности сорта Укро над сортом Кармен достигло 14,6 %, а над сортом Ярило – 13,4 %. В поздний срок посева 05.05 разница между урожайностью сорта Укро и

сортами Кармен и Ярило была 26,7 % и 20,3 % соответственно. Корреляционный анализ между показателями урожайности сортов тритикале и сроками посева показал статистически значимые различия ($p = 0,043$).

В условиях Приамурья ранние сроки посева 15.04–22.04 приводят к снижению урожайности зерна тритикале на 3,6–18,8 % относительно посева 29.04, а поздний посев 05.05 в среднем за время эксперимента на 23,8 % у всех изучаемых сортов в сравнении с посевом в оптимальный срок 29.04. Пояснить эту закономерность можно тем, что у растений тритикале при позднем посеве сокращается вегетационный период.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ данных по мировым, региональным и областным площадям посева тритикале и урожайности ведущих злаковых зерновых культур (из официальных данных ФСГС России) за последнее десятилетие показал, что яровая тритикале явля-

ется перспективной зернофуражной культурой для полей Амурской области. Полученная в среднем за три года исследований урожайность зерна сорта яровой тритикале Укро превосходила наибольшую урожайность, полученную в Амурской области в 2016 г. у яровой пшеницы, на 0,33 т/га, у ячменя – 0,66, у овса – на 0,76 т/га при посеве 29 апреля.

Первым этапом определения фотосинтетической активности листового аппарата тритикале было получение данных по площади листьев и накоплению сухого вещества в различные фазы роста и развития растений, формированию урожайности зерна за вегетационный период в зависимости от срока посева семян, метеорологических условий года и генетических особенностей сорта. Проведенный нами анализ данных по площади листьев и накоплению сухого вещества показал, что наибольшая величина площади листового аппарата в среднем за период исследований была у всех изучаемых сортов при их посеве в третьем варианте опыта – 29 апреля. Максимальных значений она достигает в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м²/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м²/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м²/га. На величину площади листового аппарата оказывают влияние фаза роста и развития растений и метеорологические условия года. В отобранных пробах до середины июня растения, выросшие при посеве в ранние апрельские сроки 15.04 и 22.04, накапливали сухого вещества больше, чем посева, проведенные 29.04 и 05.05. Наиболее выражена эта закономерность у сорта Укро при учете массы растений 31.05, где различия по содержанию сухого вещества между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева составляли 68,1 %.

Вторым этапом установления влияния сроков посева на фотосинтез яровой тритикале было определение показателей фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) их взаимосвязей с площадью листьев, на-

коплением сухого вещества и урожайностью зерна изучаемых сортов. В ходе многолетних полевых исследований установлено, что в благоприятные для роста и развития годы максимальное значение ФП у сортов Укро и Ярило получено при посеве 22.04, а у сорта Кармен – 29.04. При ранних (15.04) и поздних (05.05) сроках посева показатели ФП закономерно снижались. Гистограмма и кривая линия зависимости ФП сортов тритикале типа параболы. Сформировавшаяся площадь листьев оказывает прямолинейное и сильное влияние на урожайность всех сортов тритикале, коэффициент корреляции составляет $r_{xy} = 0,833$. Наименьшее значение ЧПФ было при позднем сроке посева 05.05 и составило 1,73 г/м² в сутки, а наибольшее – в варианте первого срока посева 15.04 – достигло 2,03 г/м² в сутки.

Таким образом, были выявлены зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза от площади ассимиляционной поверхности посевов, чистой продуктивности фотосинтеза от площади листьев и накопления сухого вещества, урожайности зерна сортов тритикале от всех показателей фотосинтеза растений в условиях Амурской области с 2014 по 2016 гг. в различные по метеорологическим условиям годы, проанализированы показатели фотосинтеза в зависимости от характера роста, развития и генетических особенностей сортов, предложены наиболее оптимальные сроки посева каждого из изученных сортов яровой тритикале. Сорта Укро и Ярило лучше сеять с 15 по 29 апреля, а сорт Кармен – 29 апреля. Предложенные результаты могут быть использованы сельхозтоваропроизводителями при планировании циклов и видов полевых работ, для проведения в оптимальные, сжатые сроки посевной и уборочной кампаний, повышения урожайности и качества зерна тритикале – новой зернофуражной полевой культуры для региона.

Библиографический список

1. Золотарева Р. И., Лапшин Ю. А., Максимов В. А. Влияние нормы высева и минерального питания на показатели структуры урожая яровой тритикале // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4-1 (106). С. 113–117. DOI: 10.23670/IRJ.2021.106.4.018.
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://showdata.gks.ru/report> (дата обращения: 01.10.2022).
3. Zakharova E., Nemykin A. The Effect of Tillage Minimization on the Weed Infestation of Soybean and Grain Crops in the Conditions of the Amur Region in Russia // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Vol. 1. Iss. 353. Ussuriysk, 2022. Pp. 451–459. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_51.
4. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. et al. Effect of biohumus and growth regulators on the content of pigments and catalase, spike productivity and grain quality of spring wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. Article number 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012151.
5. Бесалиев И. Н. Технологические приемы возделывания и площадь листьев яровой твердой пшеницы в оренбургском Зауралье [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. Т. 3. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-13005.

6. Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М., Минакаев Р. В., Зиннатуллин Д. Х. Особенности фотосинтетической деятельности растений пшеницы *dicosum* (полба) при различных сроках посева, предшественников и фона питания // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 58–64. DOI: 10.12737/article_5ccedbb0947037.19618721.

7. Синеговская В. Т., Душко О. С., Журавлева Е. В. Влияние гербицидов на фотосинтетическую деятельность и ферментативную активность листового аппарата сои // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 132. С. 149–156. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.21.

8. Завалин А. А., Куришбаев А. К., Рамазанова Р. Х. [и др.] Использование азота удобрения яровыми тритикале и пшеницей на темно-каштановой почве сухостепной зоны Казахстана // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 26–30.

9. Muratov A. A., Nizkii S. E. The dependence of spring triticale yield and its structure on harvesting time and methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012023.

10. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences: Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020), Blagoveshchensk: EDP Sciences, 2020. Article number 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007.

11. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuaeва E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Ussuriysk, 2022. Vol. 1. Pp. 156–163. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_19.

12. Муратов А. А., Тихончук П. В., Туаева Е. В. [и др.] Фотосинтетическая деятельность посевов ярового тритикале в зависимости от уровня минерального питания в условиях Южной зоны Амурской области // Пермский аграрный вестник. 2021. № 3 (35). С. 59–69. DOI: 10.47737/2307-2873_2021_35_59.

13. Черноситова Т. Н., Муратов А. А. Агрехимическая оценка состояния почвы опытного поля Дальневосточного государственного аграрного // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4 т. Благовещенск, 2022. Т. 1. С. 341–348. DOI: 10.22450/9785964205456_1_44.

14. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P. V., Fokin S. A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012043. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012043.

15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 350.

16. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая). Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 135 с.

17. Моисеева К. В. Фотосинтетической деятельности посевов яровой мягкой пшеницы среднеспелой группы спелости в Северной лесостепи Тюменской области // Современные технологии и достижения науки в АПК: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2018. С. 140–143.

18. Муратов А. А., Тихончук П. В., Туаева Е. В. [и др.] Влияние погодных условий и сроков посева на продолжительность межфазных периодов ярового тритикале в условиях Амурской области // АгроЭкоИнфо. 2022. № 4 (52). DOI: 10.51419/202124414.

19. Гущина В. А., Никольская Е. О., Лобанова Н. Ю. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза эхинацеи пурпурной в зависимости от приемов выращивания // Нива Поволжья. 2018. № 4 (49). С. 18–26.

Об авторах:

Алексей Александрович Муратов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник научно-исследовательской части, ORCID 0000-0001-9245-8921, AuthorID 712477; +7 (96380) 9-29-18, nic_dalgau@mail.ru

Виктор Владимирович Епифанцев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181; +7 (96380) 5-57-22, viktor.iepifantsiev.59@vail.ru

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

The influence of sowing dates on triticale photosynthesis in the Amur region conditions

A. A. Muratov[✉], V. V. Epifantsev¹

¹ Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

[✉]E-mail: nic_dalgau@mail.ru

Агротехнологии

Abstract. In the Amur region the share of soybean in the structure of sown areas has reached 73.7 % over the last decade, the phytosanitary condition of agrocenoses has deteriorated, pesticide load on fields has significantly increased, which causes new ecological risks. Some reduction of this load may be caused by increasing the proportion of grain crops, including triticale. **The purpose** of the study was to establish the effective sowing date of spring triticale varieties providing optimal photosynthetic activity of agrocenoses in the conditions of Amur region. **The method** of field experiment by B. A. Dospikhov and determination of photosynthetic activity of crops by A. A. Nichiporovich were used. **Scientific novelty.** The photosynthetic activity of spring triticale varieties at different sowing dates in years with different meteorological conditions has been evaluated. **Results.** The greatest area of leaf apparatus is formed at sowing in April, 29 reaching maximum values in a phase of flowering in sort Ukro – 37,2 thousand m²/ha, in sort Yarilo – 30,4 thousand m²/ha, in sort Karmen – 33,0 thousand m²/ha. The correlation analysis revealed direct and strong influence of sowing dates on formation of the assimilative apparatus of plants and yield of spring triticale $r_{xy} = 0,833$. Statistically significant differences were obtained $p = 0.016$. In the regression equation with increasing leaf area by 1 m²/ha the grain yield of triticale is expected to increase by 0.056 t/ha. Photosynthetic potential of the varieties differed in the years of research and depended on the value of the assimilating surface and the duration of the leaves. A regular decrease in net photosynthetic productivity from early to late sowing was established. The highest value of net photosynthetic productivity was obtained at sowing 15.04 – 2.03 g/m² per day. The constituent elements of photosynthesis resulted in grain yields of the variety Yarilo – 2.26 t/ha, Ukro – 2.61 t/ha and Karmen – 2.23 t/ha.

Keywords: leaf area, dry matter, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, sowing date, variety, triticale, correlation, yield.

For citation: Muratov A. A., Epifantsev V. V. Vliyanie srokov poseva na fotosintez tritikale v usloviyakh Priamur'ya [The influence of sowing dates on triticale photosynthesis in the Amur region conditions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39. (In Russian.)

Date of paper submission: 21.12.2022, **date of review:** 30.01.2023, **date of acceptance:** 09.02.2023.

References

- Zolotareva R. I., Lapshin Yu. A., Maksimov V. A. Vliyaniye normy vyseva i mineral'nogo pitaniya na pokazateli struktury urozhaya yarovoy tritikale [The influence of the seeding rate and mineral nutrition on the indicators of the structure of the spring triticale crop // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2021. No. 4–1 (106). Pp. 113–117. DOI: 10.23670/IRJ. 2021.106.4.018. (In Russian.)
- Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] [e-resource]. URL: <https://showdata.gks.ru/report> (date of reference: 01.10.2022). (In Russian.)
- Zakharova E., Nemykin A. The Effect of Tillage Minimization on the Weed Infestation of Soybean and Grain Crops in the Conditions of the Amur Region in Russia // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Vol. 1. Iss. 353. Ussuriysk, 2022. Pp. 451–459. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_51.
- Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. et al. Effect of biohumus and growth regulators on the content of pigments and catalase, spike productivity and grain quality of spring wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. Article number 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012151.
- Besaliyev I. N. Tekhnologicheskiye priyemy vzdelyvaniya i ploshchad' list'yev yarovoy tverdoy pshenitsy v orenburgskom Zaural'ye [Technological methods of cultivation and leaf area of spring durum wheat in the Orenburg Trans-Urals] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2018. Vol. 3. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-13005. (In Russian.)
- Shaykhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M., Minikayev R. V., Zinnatullin D. Kh. Osobennosti fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy pshenitsy dicocum (polba) pri razlichnykh srokakh poseva, predshestvennikov i fona pitaniya [Peculiarities of photosynthetic activity of dicocum (spelt) wheat plants at different sowing dates, predecessors and nutrition background] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14. No. 1 (52). Pp. 58–64. DOI: 10.12737/article_5ccedbb0947037.19618721. (In Russian.)

7. Sinegovskaya V. T., Dushko O. S., Zhuravleva E. V. Vliyaniye gerbitsidov na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i fermentativnuyu aktivnost' listovogo apparata soi [Effect of herbicides on photosynthetic activity and enzymatic activity of soybean leaf apparatus] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019. No. 132. Pp. 149–156. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.21. (In Russian.)
8. Zavalin A. A., Kurishbayev A. K., Ramazanova R. Kh. Et al. Ispol'zovaniye azota udobreniya yarovymi tritikale i pshenitsey na temno-kashtanovoy pochve sukhostepnoy zony Kazakhstana [Utilization of fertilizer nitrogen by spring triticale and wheat on dark chestnut soils of the dry steppe zone of Kazakhstan] // Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka. 2018. No.1. Pp. 26–30. (In Russian.)
9. Muratov A. A., Nizkii S. E. The dependence of spring triticale yield and its structure on harvesting time and methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012023.
10. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences: Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020), Blagoveshchensk: EDP Sciences, 2020. Article number 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007.
11. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuayeva E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Ussuriysk, 2022. Vol. 1. Pp. 156–163. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_19.
12. Muratov A. A., Tikhonchuk P. V., Tuayeva E. V. et al. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov yarovogo tritikale v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya v usloviyakh Yuzhnoy zony Amurskoy oblasti [Photosynthetic activity of spring triticale crops depending on the level of mineral nutrition in the conditions of the Southern zone of the Amur region] // Perm Agrarian Journal. 2021. No. 3 (35). Pp. 59–69. DOI: 10.47737/2307-2873_2021_35_59. (In Russian.)
13. Chernositova T. N., Muratov A. A. Agrokhimicheskaya otsenka sostoyaniya pochvy opytnogo polya Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Agrochemical assessment of the soil conditions in the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University] // Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 1. Blagoveshchensk, 2022. Pp. 341–348. DOI: 10.22450/9785964205456_1_44. (In Russian.)
14. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P. V., Fokin S. A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article number 012043. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012043.
15. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik [Field experiment methodology (with basics of statistical processing of research results): a textbook]. Izd. 6-e, ster. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian.)
16. Nichiporovich A. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh (metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniyem urozhayev) [Photosynthetic activity of plants in crops (methods and tasks of accounting in relation to yield formation)]. Moscow: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1961. 135 p. (In Russian.)
17. Moiseyeva K. V. Fotosinteticheskoy deyatel'nosti posevov yarovoy myagkoy pshenitsy srednespeloy gruppy spelosti v Severnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti [Photosynthetic activity of spring soft wheat in mid-maturity in the Northern forest-steppe of Tyumen region] // Sovremennyye tekhnologii i dostizheniya nauki v APK: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Makhachkala, 2018. Pp. 140–143. (In Russian.)
18. Muratov A. A., Tikhonchuk P. V., Tuayeva E. V. et al. Vliyaniye pogodnykh usloviy i srokov poseva na prodolzhitel'nost' mezhfaznykh periodov yarovogo tritikale v usloviyakh Amurskoy oblasti [Influence of weather conditions and sowing dates on the duration of interphase periods of spring triticale under Amur region conditions] // AgroEkoInfo. 2022. No. 4 (52). DOI: 10.51419/202124414. (In Russian.)
19. Gushchina V. A., Nikol'skaya E. O., Lobanova N. Yu. Formirovaniye assilyatsionnogo apparata i produktivnost' fotosinteza ekhinatsei purpurnoy v zavisimosti ot priyemov vyrashchivaniya [Assimilatory apparatus formation and photosynthetic productivity of Echinacea purpurea depending on cultivation practices] // Niva Povolzhya. 2018. No. 4 (49). Pp. 18–26. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksey A. Muratov¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the research department, ORCID 0000-0001-9245-8921, AuthorID 712477; +7 (96380) 9-29-18, nic_dalgau@mail.ru

Viktor V. Epifantsev¹, doctor of agricultural sciences, professor, leading researcher of the research department, ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181; +7 (96380) 5-57-22, viktor.iepifantsiev.59@vail.ru

¹ Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia