

УДК 633.2(470.344)

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ *AMARANTHUS CRUENTUS* L.  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ И СПОСОБАХ ПОСЕВА  
В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF *AMARANTHUS  
CRUENTUS* L. UNDER DIFFERENT TERMS AND METHODS OF SOWING  
IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC**

**О. Ф. Дмитриева**

**O. F. Dmitrieva**

*ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический  
университет им И. Я. Яковлева», г. Чебоксары*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по научному обоснованию сроков и способов посева амаранта на основании изучения особенностей его роста и развития за вегетацию в почвенно-климатических условиях Чувашской Республики. Для этого первоначально определена теоретически возможная продуктивность амаранта по основным факторам климата и почв и обоснованы баллы биоклиматического потенциала. На основании этого в полевых опытных исследованиях изучены биологические особенности роста и развития амаранта при различных способах и сроках посева, выявлено потребление питательных веществ за вегетацию, определено суммарное водопотребление и изучена фотосинтетическая деятельность листового аппарата амаранта (*Amaranthus cruentus* L.).

**Abstract.** The article presents the results of research on the scientific substantiation of terms and ways of sowing amaranth by studying the features of its growth and development during the growing season in the soil and climatic conditions of the Chuvash Republic. For this the author designated a theoretically possible yield of amaranth on the main factors of the climate and soil and substantiated the points of bioclimatic potential. In the field experiments the biological characteristics of growth and development of amaranth at different dates of sowing methods have been studied, the uptake of nutrients during the growing season has been revealed, the total water consumption has been defined and the photosynthetic activity of leaf apparatus amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) has been studied.

**Ключевые слова:** *амарант метельчатый, фазы роста и развития, суммарное водопотребление, фотосинтетический потенциал, способы посева, сроки посева.*

**Keywords:** *Amaranthus cruentus* L., *growth and development stages, total water consumption, photosynthetic potential, methods of sowing, planting dates.*

**Актуальность исследуемой проблемы.** В настоящее время отечественное кормопроизводство базируется на нешироком ассортименте растений. Это в основном злаки и различные бобовые. Традиционные для средней полосы злаки: рожь, овес и ячмень, обладают двумя основными недостатками – невысокой продуктивностью и сравнительно низким содержанием белка и незаменимых аминокислот. Бобовые, лишённые этих недостатков, при этом характеризуются наибольшим расходом воды на образование единицы сухого вещества.

Издавна в нашей стране культивировалась, а в начале 60-х годов широко распространялась кукуруза, ценная во многих отношениях. Это растение относится к группе так назы-

ваемых  $C_4$ -растений субтропического и тропического происхождения [1]. Из-за специфичной организации фотосинтетического аппарата листьев эти растения сформировали механизм предельно экономного расходования воды и значительно высокой интенсивности фотосинтеза с одновременным снижением фотодыхания. К такому типу растений относятся и культурные виды семейства Амарантовые (*Amarantaceae*). Но при этом амарант является высокобелковым растением, содержащим в своем составе практически все незаменимые аминокислоты. Такое сочетание высокоэффективного фотосинтеза с достаточно активными белоксинтезирующими системами делает рассматриваемое растение перспективным для развития кормовой базы в определенных агроэкологических условиях [2], [5], [7], [10].

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в 2008–2010 гг. на коллекционном участке кафедры растениеводства Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. Почва опытного участка светло-серая лесная, среднеподзолистая, рН солевой вытяжки составляет 5,2, содержание гумуса по Тюрину – 2,0 %, подвижного фосфора по Кирсанову – 10 мг на 100 г почвы, обменного калия по Масловой – 12 мг на 100 г почвы. Мощность пахотного горизонта 22–24 см, рельеф участка ровный.

Рост и развитие растений в условиях Чувашской Республики находились в прямой зависимости от климатических условий. В годы наблюдений сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  за период вегетации составляла 1450–1900 $^{\circ}\text{C}$ , показатель увлажнения – 0,67–0,72, биоклиматический потенциал (БКП) в таких условиях был равен 1,29–1,31 баллам [4].

В опыте изучались сроки (25 мая, 5 июня, 15 июня) и способы (рядовой, широко-рядный с междурядьем 45 см, широко-рядный с междурядьем 70 см) посева амаранта на зеленую массу. Опыт заложен в четырехкратной повторности, площадь учетной делянки 10 м<sup>2</sup>. Объектом исследований был вид амарант метельчатый (*Amaranthus cruentus* L.).

Проводились фенологические наблюдения по фазам роста и развития, подсчитывалась густота растений, определялась динамика роста путем биометрических измерений, рассчитывалось использование солнечной энергии по приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР) и ее аккумулярованию, рассчитывался коэффициент водопотребления, определялась продуктивность амаранта при различных сроках и способах посева [6], [8], [9].

**Результаты исследований и их обсуждение.** За период вегетации амаранта накапливалась различная сумма активных температур: 1547 $^{\circ}\text{C}$  при посеве 25 мая, 1539 $^{\circ}\text{C}$  – 5 июня, 1513 $^{\circ}\text{C}$  – 15 июня при использовании на зеленую массу. В различных условиях увлажнения (коэффициент увлажнения от 0,7 до 1,0) биоклиматический потенциал продуктивности был равен 1,08–1,55 баллам при посеве 25 мая и 5 июня, 1,06–1,46 баллам – 15 июня.

При различных сроках посева амаранта на зеленую массу приход суммарной ФАР составлял: 88,9 кДж/см<sup>2</sup> – 25 мая, 84,3 – 5 июня и 78,9 кДж/см<sup>2</sup> – 15 июня. Была рассчитана потенциальная продуктивность зеленой массы при различных уровнях КПД ФАР от 2 до 5 %. При 2 % она составляла 492 ц/га в первый срок посева, 466 ц/га – во второй и 432 ц/га – в третий срок посева. При 5 % потенциальная продуктивность соответственно срокам посева составляла 1230, 1165 и 1080 ц/га. Это говорит о больших потенциальных возможностях амаранта формировать достаточно высокую зеленую массу при различных сроках посева в условиях Чувашии.

Наступление фенологических фаз и их продолжительность зависели от температурного режима влажности почвы, способов посева и – в меньшей степени – от сроков посева. Наиболее благоприятным для появления всходов амаранта был 2008 год, когда всходы начали появляться на 4–5 день после посева. В менее благоприятные 2009 и 2010 годы из-за более низкой температуры почвы появление всходов было отмечено только на 8–10 день.

Наиболее растянутой фенологической фазой в развитии амаранта является отрастание. Ее продолжительность за годы исследований составила в рядовых посевах 34–37 дней, в ширококорядных – 30–33 дня. В первые 14–16 дней данной фазы растения росли очень медленно, далее прирост составлял 4–5 см в сутки. Наиболее короткой фенологической фазой является выметывание, продолжительность которой составляла 8–12 дней в зависимости от способов посева. Цветение амаранта продолжалось 35–39 дней в рядовых и 27–34 дня в ширококорядных посевах. В загущенных рядовых посевах и при пасмурной и прохладной погоде при всех сроках посева не наблюдалось созревания семян до полной спелости.

Потребление питательных веществ амарантом связано с его ростом. Первоначальное развитие растения характеризуется медленным ростом и невысокой интенсивностью потребления элементов питания. Начиная с середины фазы отрастания у растений наблюдается высокая степень потребления питательных веществ [3]. В наших исследованиях максимальное потребление азота происходило в фазе цветения, так как в этот период накапливалось 87–92 % сухого вещества с содержанием 2,6 % азота или 16 % белка. Поглощение фосфора и калия постепенно увеличивалось в процессе вегетации и достигало максимума в фазе созревания семян. С увеличением урожая сухой биомассы общий вынос элементов питания возрастал, однако вынос азота, фосфора и калия (NPK) на формирование единицы урожая амаранта оказался величиной практически постоянной и составлял 0,29 кг азота, 0,17 кг фосфора и 0,43 кг калия при соотношении N : P : K, равном 1,7 : 1,0 : 2,5. Отсюда следует, что амарант является калиелюбивой культурой, так как расход калия в 2,5 раза выше фосфора и в 1,47 раза – азота. На светло-серых лесных почвах Чувашии амарант использовал 35 % азота, 19 % фосфора и 35 % калия из почвы, 85 % азота, 40 % фосфора и 95 % калия из внесенных минеральных удобрений.

Впервые для амаранта рассчитано суммарное водопотребление или объемы испаряемой воды за период вегетации при различных сроках посева. От ранних сроков посева к более поздним расчетное суммарное водопотребление уменьшалось от 362 до 319 мм/га. Фактическое водопотребление оказалось меньше теоретического на 74 мм/га при посеве 25 мая, на 47 мм/га – 5 июня и 18 мм/га – 15 июня. Для контроля за ходом формирования урожая профессором М. К. Каюмовым разработаны формулы прогнозирования водопотребления растениями как в целом за вегетацию, так и за межфазные периоды [2]. В своих исследованиях на основе данной методики мы определили биологический и товарный коэффициенты водопотребления при различных сроках посева. Как засухоустойчивая культура амарант затрачивает на формирование единицы биологического урожая 146–156 единиц, товарного – 26–28 единиц воды.

В задачу исследований входило изучение хода накопления сухой биомассы амаранта в зависимости от сроков и способов посева. Содержание сухого вещества в зеленой массе увеличивалось с 16 % в фазе отрастания до 18,2 % к моменту созревания семян. В зависимости от способов посева его количество изменялось незначительно, как правило, возрастало на 0,2–0,4 % при ширококорядных посевах из-за более мощно развитой стеблевой массы. В первой половине своего развития до начала цветения амарант накапливал 48–53 % сухой биомассы за счет интенсивного роста и потребления питательных веществ. В репродуктивный период растения накапливали 47–52 % сухой биомассы. От ранних сроков посева к более поздним во все фазы роста и развития накапливалось на 7–9 % сухой биомассы больше из-за увеличения диаметра стебля.

Рассчитаны коэффициенты использования ФАР растениями амаранта при различных сроках и способах посева, как за межфазные периоды, так и в целом за вегетацию.

Максимальное использование ФАР отмечалось в начале цветения и составляло 3,7–5,6 %. В целом же за период вегетации КПД ФАР в рядовых посевах составил 4,2–5,3 %, в ширококорядных – 4,3–5,2 %. Это следует считать хорошим уровнем использования солнечной энергии, что связано с принадлежностью амаранта к группе  $C_4$ -растений с более активным прохождением фотосинтетических реакций.

В формировании высокой продуктивности амаранта значительная роль принадлежит быстрому развитию листьев и формированию листовой поверхности. Независимо от сроков и способов посева в середине фазы отрастания площадь листьев одного растения была незначительной, но к уборке она возрастала в 6–7 раз в рядовых посевах и в 10–13 раз – в ширококорядных. Отмечено, что максимальная площадь листовой поверхности формировалась при ширине междурядий 70 см и составляла 5710–5943  $см^2$ ; при ширине междурядий 45 см она была в 1,3–1,6 раза, а в рядовых посевах с междурядьем 15 см – в 1,8–2,5 раза меньше. Это связано с тем, что амарант является светолюбивым растением и при меньшей густоте стояния с междурядьем 70 см имеет способность активно наращивать листовую поверхность. Установлено, что у амаранта за период вегетации происходило постоянное увеличение количества листьев вплоть до уборки зеленой массы, поэтому в этот момент наблюдалась максимальная площадь листьев, равная 45,2–58,3 тысяч  $м^2/га$ . Из-за различной густоты растений общая площадь листовой поверхности в рядовых посевах была на 10–15 тысяч  $м^2/га$  больше, чем в ширококорядных посевах.

В исследованиях изучена динамика нарастания фотосинтетического потенциала (ФП) и влияние сроков и способов посева на его величину. Независимо от сроков и способов посева в период полного цветения наблюдалось максимальное увеличение ФП. Он составлял 35–37 % от общего значения ФП за период вегетации амаранта. В момент уборки зеленой массы ФП в рядовых посевах был равен 5249–5544 тысяч  $м^2/га \times$  дней, в ширококорядных – на 1180–1780 тысяч  $м^2/га \times$  дней меньше. Было отмечено, что в более поздние сроки посева ФП обычно оказывался на 2–5 тысяч  $м^2/га \times$  дней больше, чем в ранние сроки посева (таблица 1).

В ходе исследований изучено влияние различных факторов на чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и продуктивность работы листьев (ПРЛ). Чем выше был прирост абсолютно сухой биологической и зеленой массы при одном уровне ФП, тем больше ЧПФ и ПРЛ (таблица 1).

В фазе выметывания наблюдалось максимальное значение ЧПФ, равное 8,5–13,5  $г/м^2 \times$  сутки, в фазе полного отрастания было наивысшее значение ПРЛ, равное 50,6–87,2 кг зеленой массы на 1 тысячу ФП. К моменту уборки ЧПФ и ПРЛ уменьшались соответственно до 3,6–5,4  $г/м^2 \times$  сутки и 19,8–30,0 кг зеленой массы на 1 тысячу ФП. В рядовых посевах ЧПФ оказалась на 0,9–1,7  $г/м^2 \times$  сутки и ПРЛ – на 6,5–9,3 зеленой массы на 1 тысячу ФП меньше, чем в ширококорядных посевах.

Густота растений при различных способах посева влияла на значительное изменение параметров структуры урожая. В более загущенных рядовых посевах средняя масса одного растения оказалась в 2–3 раза, диаметр стебля – на 0,3–0,7 см, высота растений – на 15–30 см меньше, чем в ширококорядных посевах. Это вполне закономерный результат, так как, относясь к светолюбивым растениям, амарант в более свободных посевах при наличии большего количества приходящей солнечной энергии имеет способность активно наращивать надземную массу. Доказательством этому также является урожайность зеленой массы, которая при изученных способах посева была практически одинакова и составляла 780–850 ц/га. В загущенных рядовых посевах основным фактором явилось

количество растений на единице площади, в менее загущенных широкорядных посевах – биометрические показатели растений, а именно высота, масса одного растения, диаметр стебля, количество листьев, длина и масса соцветия.

Таблица 1

## Фитометрические показатели посевов амаранта

Ширина междурядья, см	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га		ФП, тыс. м <sup>2</sup> /га x дней	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> x сутки	ПРЛ, кг на 1 тыс. единиц ФП
	средняя	максимальная			
Посев 25 мая					
15	58,3	127,3	5249	3,5	19,8
45	45,2	117,4	4068	4,5	25,1
70	40,2	114,4	3622	5,3	29,0
Посев 5 июня					
15	60,2	136,4	5415	3,7	20,9
45	46,6	118,4	4191	4,6	25,9
70	40,9	117,0	3679	5,4	29,9
Посев 15 июня					
15	50,5	137,9	5544	3,7	20,7
45	48,2	120,6	4341	4,8	26,2
70	41,8	118,9	3761	5,4	30,0

**Резюме.** В результате изучения биологических особенностей роста и развития амаранта можно сделать заключение, что в почвенно-климатических условиях Чувашской Республики данное растение следует высевать широкорядным способом с шириной междурядий 45 и 70 см. С целью более продуктивного использования земель и для решения проблемы растительного белка в кормах в системе зеленого конвейера амарант следует сеять в несколько сроков, начиная с конца мая до середины июня.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алехина, Н. Д. Взаимосвязь процесса усвоения азота и фотосинтеза в клетке листа  $C_3$  – растений / Н. Д. Алехина // Физиология растений. – 1996. – Т. 43. – № 1. – С. 136–138.
2. Баранова, Т. В. Исследования антиоксактивности амаранта в условиях центрально-черноземного региона / Т. В. Баранова, Г. Г. Соколенко // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – № 7. – С. 115–123.
3. Бреус, И. П. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество кормового амаранта (*A. cruentus* L.) / И. П. Бреус // Агрехимия. – 1992. – № 7. – С. 85–90.
4. Дмитриева, О. Ф. Оценка продуктивности амаранта по биоклиматическому потенциалу / О. Ф. Дмитриева // Актуальные проблемы земледелия : сборник трудов МарГУ. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2010. – С. 266–268.
5. Железнов, А. В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство / А. В. Железнов // Химия и жизнь. – 2005. – № 6. – С. 56–61.
6. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
7. Терентьева, Е. В. Амарант – растение прошлого и будущего / Е. В. Терентьева // В мире растений. – 2003. – № 10. – С. 25–27.
8. Физиология растений : учебное пособие для сельскохозяйственных вузов / под ред. И. П. Ермакова. – М. : Академия, 2005. – 640 с.
9. Частная физиология полевых культур : учебное пособие для сельскохозяйственных вузов / под ред. Е. И. Кошкина. – М. : КолосС, 2005. – 344 с.
10. Чернов, И. А. Амарант – физиолого-биохимические основы интродукции / И. А. Чернов. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1992. – 87 с.