

УДК: 631.8:6336.16

ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА АКМ

В.В. КАЛИТКА, Т.Н. КРАВЧЕНКО*Таврический государственный аграрный университет Украины*

Abstract. This paper presents the field experiments (2009 - 2011) studying the effect of seeds and vegetative plants treatment with the growth regulator АКМ on the pigment complex and productivity of winter barley plants (Dostoynyi Variety) cultivated after different forerunner plants: 1) naked fallow (the best), and 2) sunflower (bad). In order to assess the response of the pigment complex to the action of growth regulator and forerunner plant the chlorophyll and carotenoid content in the leaves of barley was determined in the phase of tillering, booting and heading stage. Concomitantly, it was determined the leaf area and net photosynthetic productivity (NPP). The obtained results suggest an anti-stress effect of the АКМ preparation on the photosynthetic activity of winter barley plants, which is reflected in the efficiency of its effect on crop yield. The application of growth regulator increased the productivity by 13% (naked fallow) and by 26% (sunflower). АКМ has a significant effect on the accumulation of chlorophylls *a*, *b* and carotenoids in the leaves, but the change in their shares and productivity is determined by the character of the forerunner plant. In general, the increase of the pigment fund, its functional activity and leaf area under the influence of growth regulator also intensifies the production process, fact proved by an increase in the net photosynthetic productivity of agroecosystem after a good forerunner plant (naked fallow) of 14-32%, and a poor forerunner plant (sunflower) - by 35-46% compared with the corresponding control variants. The growth regulator had a contribution of 13.5% on the NPP, the forerunner plant (factor B) - 80.3% and the interaction of factors - 4.4%.

Key words: *Hordeum vulgare*; Growth regulator; Preceding crop; Chlorophylls; Carotenoids; Yield

Реферат. В полевых опытах (2009-2011 гг.) было изучено влияние обработки семян и вегетирующих растений регулятором роста АКМ на пигментный комплекс и продуктивность растений ячменя озимого (сорт Достойный) при выращивании по разным предшественникам: 1) пар чистый (лучший) и 2) подсолнечник (плохой). Для оценки реакции пигментного комплекса на действие регулятора роста и предшественника определяли содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях ячменя в фазе кущения, выхода в трубку и колошения. Одновременно определяли площадь листьев и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Полученные результаты свидетельствуют об антистрессовом действии препарата АКМ на фотосинтетическую деятельность растений ячменя озимого, что отражается в эффективности его влияния на урожайность культуры. При применении регулятора роста урожайность увеличивалась на 13% (чистый пар) и на 26% (подсолнечник). АКМ оказывает существенное влияние на накопление в листьях хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов, но изменение их соотношения и продуктивность определяются характером предшественника. В целом увеличение пигментного фонда, его функциональной активности и площади листьев под влиянием регулятора роста интенсифицирует продукционный процесс, что подтверждается увеличением чистой продуктивности фотосинтеза агроценоза по хорошему предшественнику (пар) на 14-32%, а по плохому (подсолнечник) – на 35-46% по сравнению с соответствующими контрольными вариантами. Доля влияния регулятора роста на ЧПФ составила 13,5%, предшественника (фактор В) – 80,3% и взаимодействия факторов – 4,4%.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*; Регулятор роста; Предшественник; Хлорофиллы; Каротиноиды; Урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предполагают использование регуляторов роста для более полной реализации генетического потенциала продуктивности растений. При этом регуляторы роста положительно влияют на приспособление растений к условиям существования на функциональном уровне.

Для характеристики функционального состояния растений, в частности, их реакций на стресс, наиболее информативными считаются показатели состава, содержания и соотношения пигментов (Maslova, T.G., Popova, I.A. 1993). При воздействии стрессовых факторов может происходить

повышение содержания пигментов, изменение их соотношения в листьях – как адаптивная реакция растений, обеспечивающая их устойчивость и продуктивность.

Целью проведенных исследований было обоснование влияния обработки семян и вегетирующих растений регулятором роста АКМ на пигментный комплекс и продуктивность растений ячменя озимого при выращивании по разным предшественникам в условиях южной степи Украины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые опыты проводились в 2009-2011 гг. в стационарном полевом севообороте ООО АПК «Исток» Запорожской области. Почвы опытных участков представлены черноземом обычным, среднесуглиновым с содержанием гумуса 2,9-3,2%, легкогидролизованного азота (по Корнфилду) – 71,5-75,6 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 130,5-135,5 мг/кг и 140,0-145,0 мг/кг соответственно.

Исследования проводили на районированном сорте озимого ячменя – двуручки Достойный с повышенной адаптивностью к условиям южных регионов Украины. Предшественники – пар чистый (лучший) и подсолнечник (плохой).

Агротеморологические условия в годы проведения исследования отличались недостаточным количеством осадков и значительным варьированием гидротермического коэффициента по фазам развития растений (0,5-1,5).

Схема двухфакторного опыта предусматривала варианты: контрольный – обработка семян перед посевом Раксил Ультра (0,25л/т) и опытный – обработка семян этим же протравителем и регулятором роста АКМ (0,26л/т). Повторность – трехкратная.

Семена высевали в первой декаде октября сеялкой «Horsch» на глубину 5-6 см с нормой высева 4,5 млн. всхожих семян на 1 га. В фазе выхода в трубку проводилось опрыскивание вегетирующих растений опытных вариантов раствором регулятора роста АКМ (0,33 л/га) из расчета 200 л/га водного раствора. В контрольных вариантах растения опрыскивали водой. Агротехника на опытных участках общепринятая для зоны степи Украины (Ещенко, В.А., Кошетко, П.Г. и др. 2005).

Для оценки реакции пигментного комплекса на действие регулятора роста (фактор А) и предшественника (фактор В) определяли содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях ячменя в фазы кущения, выхода в трубку и колошения. Одновременно определяли площадь листьев и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) (Мусиенко, М.М., Паршикова, Т.В., Славный, Л.С. 2001).

Для анализа отбирали активно функционирующие листья. Концентрацию хлорофиллов *a* и *b* определяли в ацетоновых вытяжках спектрометрически 662 нм и 644 нм (Маслова, Т.Г., Попова, И.А., Попова, О.Ф. 1986), сумму каротиноидов – при длине волны 470 нм (Мусиенко, М.М., Паршикова, Т.В., Славный, Л.С., 2001) на спектрофотометре 2800UV/VIS СПЕКТРОФТОМЕТР. Долю хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) от их суммы рассчитывали исходя из того, что весь хлорофилл *b* находится в ССК, а соотношение хлорофиллов *a/b* в нем составляет 1,2 (Куренкова, С.В., Маслова, С.П., Табаленкова, Г.Н. 2007).

Продуктивность функционирования хлорофиллов рассчитывали как отношение прироста массы сухого вещества (СВ) растений к усредненному содержанию хлорофиллов в листьях (Куренкова, С.В., Маслова, С.П., Табаленкова, Г.Н. 2007).

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, Б.А. 1985) с использованием ЭВМ, Statistica 6, Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Пигментный фонд фотосинтетического аппарата растений определяет их потенциальные возможности в формировании общей биологической продуктивности. Нами установлено, что содержание хлорофиллов в листьях контрольных растений в фазу кущения (осень) не зависит от предшественника (Табл. 1).

Обработка семян ячменя двуручки Достойный раствором АКМ оказывает существенное влияние на накопление в листьях хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в осенний период вегетации,

Таблица 1. Динамика содержания пигментов в листьях озимого ячменя в зависимости от действия препарата АКМ и предшественника, мг/г сухого вещества

Фаза развития	Вариант опыта	Хлорофилл			Каротиноиды	ССК, %	Хл. а	Хл.а + b
		а	б	а + b			Хл. б	Карот.
Предшественник - пар чистый								
Кушение (осень)	1(К)	3,19	2,05	5,24	0,72	86	1,56	7,28
	2(АКМ)	3,14	2,41	5,55	0,95	95	1,30	5,84
НСР ₀₅		0,04	0,08	0,23	0,06	-	-	-
Кушение (весна)	1(К)	4,55	2,34	6,89	2,21	75	1,94	3,12
	2(АКМ)	6,05	3,46	9,51	2,66	80	1,75	3,58
НСР ₀₅		0,22	0,09	0,24	0,12	-	-	-
Выход в трубку	1(К)	6,26	2,62	8,88	1,98	65	2,39	4,48
	2(АКМ)	6,11	2,97	9,08	2,56	72	2,06	3,55
НСР ₀₅		0,32	0,13	0,43	0,16	-	-	-
Колошение	1(К)	6,04	2,46	8,50	2,24	64	2,45	3,79
	2(АКМ)	6,25	2,85	8,86	2,25	71	2,11	3,94
НСР ₀₅		0,14	0,18	0,22	0,20	-	-	-
Предшественник - подсолнечник								
Кушение (осень)	1(К)	3,13	2,01	5,14	0,83	86	1,56	6,19
	2(АКМ)	4,15	1,88	6,03	0,89	69	2,21	6,78
НСР ₀₅		0,09	0,08	0,05	0,06	-	-	-
Кушение (весна)	1(К)	5,15	2,35	7,50	2,23	69	2,19	3,36
	2(АКМ)	5,90	3,40	9,30	2,61	80	1,73	3,56
НСР ₀₅		0,27	0,16	0,37	0,13	-	-	-
Выход в трубку	1(К)	4,35	1,91	6,26	1,70	67	2,28	3,68
	2(АКМ)	5,18	2,86	7,86	2,71	80	1,81	2,90
НСР ₀₅		0,21	0,04	0,23	0,08	-	-	-
Колошение	1(К)	4,32	1,79	6,11	2,10	64	2,41	2,91
	2(АКМ)	4,80	2,22	7,02	2,37	70	2,16	2,96
НСР ₀₅		0,35	0,15	0,06	0,14	-	-	-

но характер этого влияния определяется видом предшественника. По лучшему предшественнику (пар) происходило увеличения содержания хлорофилла *b* на 18 % и каротиноидов на 32 %. При этом доля хлорофиллов в ССК опытных растений по сравнению с контрольными была на 9 % выше, а соотношения хлорофиллов *a/b* и пигментов хл. *a + b* / каротиноиды уменьшились в 1,2 раза, по-видимому, вследствие увеличения содержания хлорофилла *b* и каротиноидов.

В условиях плохого предшественника (подсолнечник) адаптивный ответ в опытных растений формируется преимущественно за счет повышения содержания в листьях хлорофилла *a* (на 33%), поэтому соотношения хлорофиллов и пигментов увеличиваются соответственно на 42 и 10 % по сравнению с контролем.

Повышение концентрации пигментов в листьях опытных растений согласовывалось с усилением роста листовой поверхности и более высокой ЧПФ (Табл. 2).

После возобновления весенней вегетации формирование пигментного комплекса и ростовые процессы определяются как предшественником, так и регулятором роста. Однако влияние предшественника более значимо. В случае лучшего предшественника формирование фонда хлорофилла происходило постепенно, и суммарное содержание хлорофиллов *a + b* в листьях растений контрольного варианта достигало максимума (8,88 мг/г СВ) в фазу выхода в трубку. При плохом предшественнике этот показатель достигал максимального значения (7,05 мг/г СВ) в фазу весеннего кушения. При этом в последнем случае хлорофилльный фонд быстро уменьшался, и в последующие фазы развития сумма хлорофиллов была в 1,4 раза меньше по сравнению с лучшим предшественником. Более низкий фонд хлорофилла в случае худшего предшественника частично компенсируется большей (на 19%) его продуктивностью (Рис. 1).

Обработка семян регулятором роста АКМ способствует более быстрому восстановлению вегетативной массы растений ячменя весной: содержание хлорофиллов *a + b* в листьях опытных

Таблица 2. Влияние регулятора роста АКМ и предшественника на площадь листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза растений ячменя озимого

Фаза развития	Вариант опыта	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ЧПФ, г/м ² .сут.
Предшественник - пар чистый			
Кущение (осень)	1(К)	16,34	1,23
	2(АКМ)	19,95	1,40
НСР ₀₅		1,45	0,14
Кущение (весна)	1(К)	19,20	1,71
	2(АКМ)	20,15	2,10
НСР ₀₅		0,39	0,06
Выход в трубку	1(К)	33,23	3,65
	2(АКМ)	39,85	4,80
НСР ₀₅		1,41	0,06
Колошение	1(К)	26,36	2,93
	2(АКМ)	30,45	3,09
НСР ₀₅		1,42	0,39
Предшественник - подсолнечник			
Кущение (осень)	1(К)	16,21	1,38
	2(АКМ)	17,96	1,93
НСР ₀₅		0,67	0,09
Кущение (весна)	1(К)	19,97	2,09
	2(АКМ)	23,79	2,83
НСР ₀₅		0,60	0,13
Выход в трубку	1(К)	34,95	3,38
	2(АКМ)	41,84	4,94
НСР ₀₅		0,40	0,49
Колошение	1(К)	25,23	2,77
	2(АКМ)	32,65	3,12
НСР ₀₅		0,13	0,32

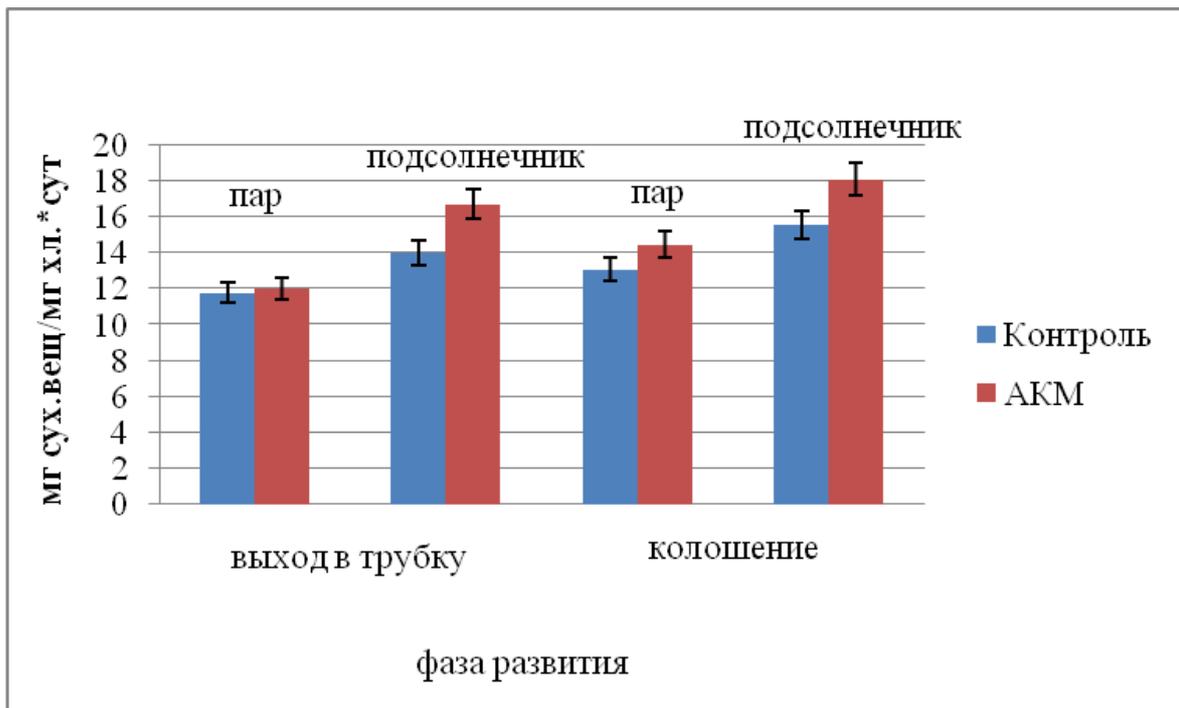


Рис. 1. Влияние регулятора роста АКМ и предшественника на продуктивность хлорофилла растений ячменя озимого

растений на 24 – 38% превышало контроль. Эффект влияния регулятора роста на биосинтез хлорофиллов в случае лучшего предшественника был в полтора раза выше.

Использование регулятора роста для опрыскивания вегетирующих растений более эффективно в случае худшего предшественника. Суммарное содержание хлорофиллов в листьях через 10 дней после опрыскивания растений увеличивалось по сравнению с необработанными растениями на 25%, а каротиноидов – на 59%, и эффект сохранялся до фазы колошения. В более оптимальных условиях (лучший предшественник) влияние регулятора роста значительно меньше как по величине, так и по продолжительности. Независимо от предшественника под влиянием регулятора роста доля хлорофилла в ССК в листьях обработанных растений увеличивалась на 7 – 13%, а соотношение хлорофиллов a/b и пигментов хлорофиллов $a+b$ / каротиноиды уменьшалось на 14 – 21%.

В условиях технологического стресса (плохой предшественник) на фоне усиления накопления хлорофиллов после обработки растений регулятором роста эффективность функционирования пигментов увеличивалась на 19% по сравнению с необработанными растениями (рис.1). Аналогичные результаты получены Куренковой С.В. и соавтором при опрыскивании многолетних злаков раствором гибберелловой кислоты (Куренкова, С.В., Маслова, С.П., Табаленкова, Г.Н. 2007). Этого не наблюдается в оптимальных условиях выращивания ячменя озимого.

Следовательно, в стрессовых условиях повышение содержания пластидных пигментов, доли хлорофиллов в ССК и эффективности их функционирования в обработанных растениях является адаптивной стратегией, позволяющей растениям реализовать потенциал продуктивности.

Одним из наиболее динамичных показателей фотосинтетической деятельности агроценоза является площадь листьев. Установлено, что в фазе активного роста растений (выход в трубку) между чистой продуктивностью фотосинтеза и площадью листьев существует корреляционная связь средней силы ($r = 0,43 - 0,6$), и поэтому технологические мероприятия, способствующие увеличению площади ассимиляционной поверхности, повышают эффективность продукционного процесса. Обработка растений раствором АКМ способствует увеличению площади листьев на 20% по сравнению с необработанными растениями (Табл. 2). При этом влияние регулятора роста не зависит от предшественника. Однако в стрессовых условиях (плохой предшественник) пролонгированность действия препарата почти в два раза больше, и в фазе колошения разница по площади листьев составляет 29% против 15,5% в оптимальных условиях (предшественник – пар).

В целом увеличение пигментного фонда, его функциональной активности и площади листьев под влиянием регулятора роста интенсифицирует продукционный процесс, что подтверждается увеличением ЧПФ агроценоза по хорошему предшественнику (пар) на 14-32%, а по плохому (подсолнечник) – на 35-46% по сравнению с соответствующими контрольными вариантами. Доля влияния регулятора роста (фактор А) на ЧПФ составила 13,5%, предшественника (фактор В) – 80,3% и взаимодействия факторов – 4,4%.

Полученные результаты свидетельствуют об антистрессовом действии препарата АКМ на фотосинтетическую деятельность растений ячменя озимого, что отражается в эффективности его влияния на урожайность культуры. Обработка семян и вегетирующих растений ячменя озимого регулятором роста АКМ увеличивала урожайность на 13% при посеве по пару и на 26% при посеве по подсолнечнику (Калитка, В.В., Ялоха, Т.М. 2011).

ВЫВОДЫ

Результаты исследований свидетельствуют, что на пигментный комплекс и продуктивность растений ячменя озимого существенное влияние оказывают и предшественник, и регулятор роста АКМ.

1. При посеве ячменя по плохому предшественнику растения испытывают стресс, особенно в период активного роста (фазы выхода в трубку и колошения), что отрицательно влияет на содержание пластидных пигментов, приводит к уменьшению индексов хлорофиллов и пигментов, ЧПФ и урожайности.

2. Предпосевная обработка семян и вегетирующих растений регулятором роста АКМ повышает содержание пигментов, но изменение их соотношения и продуктивность определяется характером предшественника.

3. При посеве обработанных семян по плохому предшественнику адаптация растений в осенний период вегетации происходит за счет увеличения индексов хлорофиллов и пигментов вследствие существенного повышения содержания хлорофилла *a*.

4. Опрыскивание растений раствором АКМ в период активного роста (фаза выхода в трубку) однозначно положительно влияет на состав и соотношение пигментов, а наибольшее значение ЧПФ в стрессовых условиях обусловлено также увеличением продуктивности хлорофиллов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДОСПЕХОВ, Б.А., 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 351 с.
2. ЕЩЕНКО, В.А., КОШЕТКО, П.Г., ОПРЫШКО, В.П., КОСТОГРЫЗ, П.В., 2005. Основы научных исследований в агрономии. Киев: Действие. 288 с.
3. КАЛИТКА, В.В., ЯЛОХА, Т.М., 2011. Вплив регулятора росту АКМ на продуктивність і якість насіння ячменю озимого залежно від попередника в Південному Степу України. В: Агроекологічний журнал [Україна], №6 (86), с.166-169.
4. КУРЕНКОВА, С.В., МАСЛОВА, С.П., ТАБАЛЕНКОВА, Г.Н., 2007. Влияние регуляторов роста и ценотического фактора на пигментный комплекс многолетних злаков. В: Физиология и биохимия культурных растений, т. 39, № 5, с. 391-399.
5. МАСЛОВА, Т.Г., ПОПОВА, И.А., ПОПОВА, О.Ф., 1986. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов. В: Физиология растений, т. 33, №3, с. 615-619.
6. МУСИЕНКО, М.М., ПАРШИКОВА, Т.В., СЛАВНЫЙ, Л.С., 2001. Спектрофотометрические методы в практике физиологии, биохимии и экологии растений. Москва: Фитосоцицентр. 200 с.
7. MASLOVA, T.G., POPOVA, I.A., 1993. Adaptive Properties of the Pigment Systems. In: Photosynthetica, vol. 29, pp. 195-203.

Data prezentării articolului: 01.07.2014

Data acceptării articolului: 23.10.2014