

ЧЕТЫРЕ МИКРОЭЛЕМЕНТА В УСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Four microelements in resistance of spring wheat at action of extreme factors

В.М.Пахомова, А.И.Даминова
V.M.Pakhomova, A.I.Daminova

Казанский государственный аграрный университет
Kazan state agrarian university

Key function of copper, iron, zinc and manganese was established in enhance of spring wheat productivity as a common resistance indicator under extreme condition. The latest is responsible for antioxidant effect on the plant. It is thought that content of intermediate product of peroxide lipid oxidation maybe as indicator of plant resistance.

В последние годы все большую актуальность приобретают исследования функционирования сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях существования в связи с глобальным изменением климата для разработки эффективных средств защиты растений. В связи с этим требуются углубленные исследования механизмов адаптации растений к повреждающим воздействиям, изучение их устойчивости при экстремальных или чрезвычайных условиях существования, в том числе при засухе в комбинации с повышенными температурами. Это и явилось целью настоящей работы.

Объект и методы исследования. Объект исследования – яровая пшеница сорта Симбирцит. Полевые опыты проведены в 2010 году на опытных полях Учхоза КазГАУ на серой лесной почве средне-суглинистого механического состава. Технология возделывания яровой пшеницы общепринятая для данной зоны. Предшественник – озимая рожь. Удобрения вносились в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под предпосевную культивацию. Урожай убирали прямым комбайнированием «Сампо-500». Учетная площадь контрольного и опытного вариантов составляла по 25 м² в 4-х повторностях. Структуру урожая определяли методом индивидуального анализа растений пробных снопов, отобранных с постоянных площадок (по 0,33 м² в трехкратной повторности по каждому варианту). Урожайность учитывали путем поделяночного обмолота с пересчетом на 100 % чистоту и стандартную влажность.

Схема полевых опытов: 1 вариант – пшеница без обработки; 2 вариант – растения опрыскивались 0,1% раствором железа, цинк, и марганец-содержащим микроудобрениями марки ЖУСС однократно в фазу кущения (в концентрации, рекомендуемой для производства); 3 вариант – растения обрабатывались этим препаратом двукратно в фазах кущения и выхода в трубку; 4 вариант – растения обрабатывались трехкратно в фазах кущения, выхода в трубку и колошения-цветения.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: $pH_{\text{сол}}$ – 5,4; в пахотном слое почвы нахо-

дится P_2O_5 в среднем 276,3 мг/кг, K_2O – 98,7 мг/кг, аммонийного азота – 7,8 мг/кг, нитратного азота – 29,4 мг/кг, гумуса – 3,3 %.

Вегетационный период 2010 года характеризовался в 1,5 раза меньшим количеством осадков в мае и практически их отсутствием в июне и июле, температура воздуха с мая по июль была выше на 4⁰С среднемноголетних температур. Гидротермический коэффициент (ГТК) составлял 0,5, что соответствует сильной засухе. ГТК рассчитывался по отношению количества осадков (в мм) к сумме температур (за вегетационный период).

Перекисное окисление липидов характеризовали по образованию малонового диальдегида (МДА). Активность супероксиддисмутазы (СОД) определяли по способности фермента ингибировать фотохимическое восстановление нитросинего тетразолия; за единицу активности (ЕА) СОД принимали количество препарата, способного подавить реакцию восстановления нитросинего тетразолия на 50 %. Измерения активности пероксидазы проводили фотоколориметрическим методом по окислению бензидина; каталазы – по разложению перекиси водорода. Содержание растворимого белка определяли по Брэдфорд.

Статистическая обработка данных проводилась дисперсионным методом и методом математической статистики с программным обеспечением Excel. Данные таблиц представляют собой средние значения из 3-4 повторностей характерного опыта с ошибкой. О достоверности разницы между вариантами судили по критерию Стьюдента при уровне значимости $P_{0,05}$ и $НСР_{0,5}$. Символ «*» обозначает недостоверность разницей между контрольным и опытным вариантами.

Результаты и обсуждение

2010 г. вегетации сельскохозяйственных растений практически на всей территории РФ являлся, несомненно, экстремальным в связи с сильной засухой и повышенными температурами. В условиях широко-масштабных пожаров на территории РФ засуха сопро-

Таблица 1

**Влияние некорневой обработки различными микроудобрениями
на урожайность яровой пшеницы, ц/га**

Варианты	Fe-ЖУСС	Mn,B-ЖУСС	Zn,B-ЖУСС
1	10,3	10,3	10,3
2	11,1*	11,6*	11,2*
3	13,3	12,8	12,8
4	14,0	13,0	13,4
НСР _{0,5}	1,1	1,3	1,6

Таблица 2

**Влияние некорневой обработки различными микроудобрениями на активность СОД
в листьях яровой пшеницы в фазу колошения-цветения, ЕА/мг белка**

Варианты	Fe-ЖУСС	Mn,B-ЖУСС	Zn,B-ЖУСС
1	104,97 ± 1,30	104,97 ± 0,67	104,97 ± 1,30
2	139,92 ± 1,22	111,33 ± 0,16	105,91 ± 0,62*
3	161,98 ± 2,82	112,92 ± 0,15	111,80 ± 0,42
4	166,53 ± 2,21	113,26 ± 0,44	115,38 ± 0,68

вождалась мглой, которая, несомненно, усиливала действие засухи путем иссушения растений. Под мглой понимается более или менее сильное помутнение воздуха взвешенными в нем частичками пыли, дыма и гари [1]. Таким образом, 2010 год характеризовался комплексным действием различных неблагоприятных факторов. Засуха как биометеорологическое явление характеризуется длительным, а иногда и кратковременным бездождным периодом, повышенной температурой воздуха, увеличением дефицита насыщения насыщения влажности воздуха, что вызывает усиление испарения и транспирации, в результате чего происходит обезвоживание и перегрев растений, вызывающие их повреждения, снижение продуктивности, а в ряде случаев не только повреждение, но и гибель растения [1]. Засухи могут сопровождаться суховеями. Под суховеями понимается «ветер при высокой температуре и большом недостатке насыщения воздуха влагой [2].

Экстремальные условия произрастания растений в 2010 г. привели приблизительно к двух - трехкратному снижению урожайности яровой пшеницы по сравнению со средними многолетними данными в наших экспериментах (табл. 1).

В настоящее время общеизвестным является существование единого звена, общих принципов и механизмов в формировании стрессового ответа растений. В качестве такого универсального компонента рассматривается окислительный стресс, развитие которого показано при действии на растения самых разнообразных стрессоров, в том числе засухи и гипертермии [3, 4].

Окислительный стресс, как известно, характеризуется усилением продукции активных форм кислорода (АФК). Увеличение продукции АФК в стрессовых условиях приводит к активации окислительных процессов, в том числе перекисного окисления липидов (ПОЛ), протекающего в норме на определенном стационарном уровне. Интенсификация ПОЛ способна привести к изменению свойств липидного матрикса мембран и модификации метаболизма всей клетки, однако его воздействие существенно ограничивается за счет работы антиоксидантной (АО) системы, включающей ферменты и низкомолекулярные соединения.

Ферменты АО-защиты включают супероксиддисмутазу, каталазу, пероксидазу, аскорбат-глутатионовый цикл (включающий в себя аскорбатпероксидазу, дегидроаскорбатредуктазу, монодегидроаскорбат-редуктазу и глутатионредуктазу), глутатион-S-трансферазу и в некоторых случаях глутатионпероксидазу.

СОД придает решающее значение в системе АО-защиты клеток. У эукариот имеется три основных типа СОД, различающихся кофакторами, определяющими их каталитическую активность: медь, цинк-содержащая, марганец-содержащая и железо-содержащая формы.

В связи с вышеизложенным не вызывает сомнения ключевая роль четырех микроэлементов (меди, цинка, железа и марганца) в регуляции устойчивости растений в экстремальных условиях существования.

Таблица 3

Влияние Fe-ЖУСС на активность пероксидазы и каталазы листьев яровой пшеницы в фазу колошения-цветения

Варианты	Активность пероксидазы, усл.ед. /мг белка	Активность каталазы, усл.ед. /мг белка
1	19,33 ± 0,71	5,35 ± 0,11
2	21,22 ± 0,17*	7,67 ± 0,22
3	27,60 ± 0,43	7,27 ± 0,11
4	29,09 ± 1,15	7,67 ± 0,38

Таблица 4

Влияние некорневой обработки различными микроудобрениями на образование МДА в листьях яровой пшеницы за вегетационный период, нМ/г сырого веса

Фаза вегетации	Варианты	Fe-ЖУСС	Mn,B-ЖУСС	Zn,B-ЖУСС
Кущение	1	42,50 ± 1,67	42,50 ± 1,67	42,50 ± 1,67
	2	34,58 ± 1,22	43,60 ± 0,70*	34,57 ± 1,23
Выход в трубку	1	77,43 ± 1,51	77,43 ± 1,51	77,43 ± 1,51
	2	70,58 ± 0,55	49,70 ± 0,20	68,00 ± 2,88
	3	60,81 ± 1,23	50,90 ± 0,60	25,43 ± 1,23
Колошение-цветение	1	94,07 ± 1,66	94,07 ± 1,66	94,07 ± 1,66
	2	76,84 ± 0,73	49,20 ± 0,60	64,79 ± 2,30
	3	63,78 ± 0,84	52,90 ± 0,40	56,44 ± 1,35
	4	42,53 ± 1,91	47,40 ± 1,60	54,81 ± 2,68

Как видно из табл. 2 и 3, обработка различной кратности вегетирующих растений микроудобрениями, содержащими цинк, железо и марганец, приводит к возрастанию активности СОД, а также каталазы и пероксидазы в случае действия железо-содержащего микроудобрения. Аналогичные сведения получены ранее для медь-содержащего микроудобрения [4]. Активизация ферментов АО-защиты клеток сопровождается снижением ПОЛ (табл. 4), увеличением устойчивости растений и, в итоге, повышением урожайности яровой пшеницы в этих условиях (табл. 1). Следует подчеркнуть, что содержание МДА в клетках растений яровой пшеницы в стрессовых условиях 2010 г. также возрастало в 2-3 раза по сравнению с

таковым в нормальные годы вегетации [4]. Кроме того, важно обратить внимание на то, что значения повышения урожайности и снижения содержания МДА в клетках под влиянием указанных микроэлементов коррелировали между собой, что дает основание полагать, что содержание МДА может являться критерием устойчивости растений к действию стресс-факторов (судя по влиянию на интегральный показатель резистентности – урожайность).

Таким образом, очевидна необходимость обработки вегетирующих растений микроудобрениями, содержащими медь, цинк, железо и марганец, в экстремальных условиях произрастания при подавлении поглотительной активности корней [3].

Библиографический список

1. Генкель, П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. – М.: Наука, 1982. – 280 с.
2. Альтергот, В.Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе. – М.: Наука, 1981. – 56 с.
3. Пахомова, В.М. Неспецифический адаптационный синдром биосистем и общие закономерности реактивности клеток. – Казань: Изд-во КГУ, 2000. – 178 с.
4. Пахомова, В.М., Гайсин И.А. Устойчивость и защита растений при оптимизации минерального питания. Казань: Изд-во «Медок», 2008. – 212 с.