

УДК 631.811:632.954

**СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТРАЗИНА
ПО ОРГАНАМ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

Ю. П. ЖУКОВ, Н. С. КАРПУХИНА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Рациональное применение гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур невозможно без знаний процессов поглощения, накопления, распределения и превращения токсического вещества не только в почвах, но и в растениях, так как последним принадлежит немаловажная роль в инактивации препаратов. Кукуруза, например, в течение вегетационного периода может поглощать 20—25 % внесенной нормы производных симм-триазина, что приводит к резкому снижению их содержания в почве [5, 12]. Ряд исследователей [1, 7, 10] отмечают, что между поглощением и распределением симм-триазинов в растении может не наблюдаться определенной корреляции. На процессы поступления и аккумуляции симм-триазинов в растениях влияют условия питания [3, 4]. Так, поглощение симм-триазинов кукурузой на фоне высоких и нетоксичных доз фосфора повышалось [11]. В корнеплодах

моркови, выращиваемой в вегетационных опытах, наибольшее количество пропазина и прометрина содержалось при одностороннем калийном и особенно азотном питании и наименьшее при оптимальной концентрации солей [8, 9].

В связи с тем, что сведений о влиянии минерального питания растений на содержание и распределение симм-триазинов в их органах и питательных субстратах недостаточно, мы попытались более детально изучить этот вопрос.

Объекты и методика исследования

В 1972 г. было заложено два краткосрочных вегетационных опыта в водных культурах. Один из опытов проводили с проростками кукурузы сорта Стерлинг и гороха сорта Тимирязевец в сосудах емкостью 6,5 л. Повторность 4-кратная. Применяли три уровня концентрации разработанной нами питательной смеси (условно 1/4; 1/2 и 1NPK) [2]. В каждый сосуд высаживали 35 проростков кукурузы, а после первого учета к ней подсаживали 24 проростка гороха. В половину сосудов вносили атразин из расчета 70 мг/л, или 910 мг препарата на сосуд. Его содержание в питательных растворах в момент посадки гороха соответствовало трем уровням питания — 31, 25 и 27 мг на 1 л. Через 3, 7 и 14 дней после высадки растений в сосуды отбирали пробы растительных образцов и растворов питательных смесей.

Другой опыт проводили с кукурузой гибрида Буковинский 3 и тем же сортом гороха в 4-кратной повторности при тех же уров-

нях концентрации питательной смеси. Кукурузу (30 проростков) и горох (22 проростка) высаживали отдельно в сосуды емкостью 5 л. Растительные образцы кукурузы и водные растворы питательных смесей отбирали 5 раз (через 1, 3, 14, 20 и 50 дней) после высадки растений в сосуды, а гороха — 4 раза через те же интервалы. Атразин вносили в питательные растворы в виде суспензии из расчета 3 мг д. в. на 1 л, или 30 мг препарата на сосуд.

В 1974 и 1975 гг. проводили вегетационные опыты с кукурузой гибрид Буковинский 3 при иных уровнях концентрации (1/2, 1 и 3/2 NPK) той же питательной смеси в сосудах емкостью 5 л. Повторность 4-кратная. В половину сосудов на каждом уровне питания был внесен атразин. Дозу гербицида рассчитывали исходя из площади сосуда — 15,9 мг препарата на сосуд.

Остатки атразина в растительных образцах во всех опытах определяли по методике А. А. Петуновой и П. В. Сабуровой [6].

Результаты исследований

Содержание атразина как в питательных растворах, так и в растениях изменялось неодинаково при разных уровнях минерального питания. Уже через 3 суток (табл. 1) уровень атразина в питательных смесях под кукурузой резко уменьшился при более низких уровнях питания, хотя существенных различий в накоплении сухой массы растениями (табл. 2) к этому периоду еще не наблюдалось.

В последующем (через 6 и 14 дней) содержание атразина в питательном растворе под кукурузой при 1NPK продолжало снижаться, при 1/4 и 1/2 оно возрастало. Сухая масса кукурузы под влиянием атразина достоверно снизилась через 14 дней после высадки растений в сосуды и вначале только в варианте 1NPK, а через 20 дней и позднее — во всех вариантах. Содержание атразина в среде к этому времени практически выравнилось во всех вариантах, а через 50 дней было вновь наименьшим при 1/4NPK (табл. 1). Таким образом, если при 1NPK минимум атразина в питательном растворе наблюдался через 20 дней, то при 1/4NPK — уже через 3 дня после высадки кукурузы в сосуды с атразином.

Содержание атразина в питательном растворе при выращивании гороха (среднечувствительного к нему растения) так же, как и при выращивании кукурузы, зависело от условий питания. Так, через сутки минимальное количество атразина в питательном растворе при выращивании гороха обнаружено при 1NPK (табл. 1), хотя изменений в накоплении им сухой массы к этому времени не было обнаружено ни в одном из вариантов (табл. 2). Через 3 дня при 1NPK содержание гербицида в питательном растворе повысилось, через 6 дней снизилось, а через 14 дней вновь интенсивно возросло (табл. 1). Сухая масса го-

Таблица 1

Содержание атразина (% к исходной дозе) в питательных растворах при выращивании кукурузы и гороха

Уровни питания NPK	Сроки отбора питательных смесей, сут						НСР ₀₅
	1	3	6	14	20	50	
Кукуруза							
1/4	22	5,4	29	40	20	12	0,06
1/2	74	20	38	12	14	31	0,48
1	71	43	37	25	14	24	0,15
Горох							
1/4	59	37	54	32	—	—	0,12
1/2	64	31	35	39	—	—	0,06
1	30	37	23	35	—	—	0,04

роха наиболее резко уменьшилась под влиянием атразина уже через 6 дней после начала опыта при всех уровнях минерального питания. Через 14 дней содержание атразина в растворах (табл. 1) было практически одинаковым по вариантам, а горох к этому времени практически погиб под действием атразина (табл. 2).

Уровень питания оказывал существенное влияние не только на содержание атразина в растениях, но и на распределение его по органам кукурузы и гороха в разные промежутки времени после начала взаимодействия с препаратом (табл. 3, 4). При повышении уровня питания от 1/4 до 1NPK (через 3, 7 и 14 дней после высадки проростков кукурузы в сосуды) содержание атразина в надземной массе и корнях, как правило, повышалось в 1,5—2 раза и более. Следует отметить, что через 3 и 7 дней после высадки проростков в корнях кукурузы атразина содержалось в 4—10 раз больше, чем в надземной массе, а через 14 дней в надземной массе его было в 3—4 раза больше при всех

Таблица 2

Накопление сухого вещества (г/растение) проростками кукурузы и гороха при отсутствии (числитель) и наличии (знаменатель) атразина в питательном растворе

Уровни питания NPK	Сроки отбора растений, сут					
	1	3	6	14	20	50
Кукуруза						
1/4	0,21	0,20	0,38	0,87	1,84	2,04
	0,22	0,17	0,37	0,79	1,08	1,23
1/2	0,21	0,23	0,29	0,86	1,41	1,87
	0,21	0,22	0,22	0,69	0,78	1,04
1	0,20	0,20	0,31	1,10	2,30	2,18
	0,23	0,20	0,21	0,58	0,98	1,24
НСР ₀₅	0,09	—	0,07	0,53	—	0,07
Горох						
1/4	0,08	0,08	0,38	0,52	—	—
	0,10	0,07	0,11	0,06	—	—
1/2	0,10	0,11	0,46	0,77	—	—
	0,10	0,07	0,13	0,07	—	—
1	0,10	0,10	0,39	0,58	—	—
	0,10	0,07	0,07	0,08	—	—

Содержание атразина в надземной массе и корнях растений
(мкг на 1 абсолютно сухого вещества)

Уровни питания NPK	Кукуруза			Горох		
	экспозиция, сут					
	3	7	14	3	7	
Надземная масса						
НСР ₀₅	1/4	1,7	3,7	3,5	4,5	9,0
	1/2	4,0	5,2	4,2	11,4	6,0
	1	9,2	7,0	5,6	5,6	7,0
		0,54	0,51	0,51	1,27	0,72
Корни						
НСР ₀₅	1/4	14,0	17,0	1,0	54,2	15,0
	1/2	13,0	21,0	1,1	49,0	10,0
	1	7,0	40,0	2,3	25,0	5,0
В среднем по растению						
НСР ₀₅	1/4	3,48	9,2	0,89	16,3	1,5
	1/2	9,8	11,5	2,4	24,8	12,0
	1	10,0	13,0	3,1	32,0	7,8
		7,0		4,1	14,0	6,0

уровнях минерального питания. В промежутке между 1-м и 2-м определениями изменения в содержании атразина по органам растений были неодинаковыми при разных уровнях питания: в варианте 1/4NPK его содержалось значительно больше в надземной массе, в варианте 1/2NPK — больше в корнях, а при 1NPK количество препарата максимально возросло только в корнях кукурузы. В последующие 7 дней (промежуток от 7-го до 14-го дня) содержание атразина в надземной массе и особенно в корнях кукурузы заметно уменьшалось при 1/2 и 1NPK, в последнем случае более значительно.

В горохе в отличие от кукурузы с повышением уровня питания содержание атразина в корнях и надземной массе, как правило, уменьшалось через 3 и особенно через 7 дней. Следует отметить, что в корнях гороха содержалось значительно больше гербицида, чем в надземной массе, при всех изучавшихся уровнях питания. Через 7 дней содержание атразина в корнях гороха снижалось, причем более значительно в вариантах 1/2 и 1NPK, в надземной массе оно возрастало вдвое при 1/4 и 1NPK и настолько же снижалось в варианте 1/2NPK. Если через 3 дня после высадки растений в сосуды атразин еще не оказывал существенного влияния на сухую массу кукурузы, то через 7 дней в варианте 1/4 и 1/2NPK она достоверно снижалась соответственно с 1,02 до 0,62 и с 1,19 до 0,66 г. При 1NPK кукуруза в это время оставалась устойчивой к атразину. Через 14 дней под его влиянием масса проростков уменьшилась во всех вариантах; наиболее устойчивыми к гербициду в данный период оказались растения в варианте 1NPK.

Через 3 дня атразин практически не воздействовал на сухую массу проростков гороха, через 7 дней она значительно снизилась при всех уровнях питания, а через 14 дней горох погиб во всех вариантах опыта с обработкой гербицидом.

В зависимости от уровня минерального питания и времени взаимодействия растений с атразином из-

Таблица 4

Соотношения между содержанием атразина в корнях и надземной массе кукурузы и гороха

Уровни питания NPK	Кукуруза			Горох	
	3	7	14	3	7
1/4	8,2	4,6	0,28	12,0	1,6
1/2	3,2	4,0	0,23	4,3	1,6
1	0,76	5,7	0,41	4,4	0,71

Содержание атразина в питательных растворах (мг/л) и корнях кукурузы (мг на 1 г абсолютно сухого вещества в скобках) в зависимости от уровня минерального питания

Уровни питания НРК	1974			1975		
	срок учета, сут					
	при посадке	30	60	при посадке	30	60
1/2	3,0	2,0	0,2	3,1	1,7 (0,024)	0
1	2,9	2,7	0,1	2,8	2,8 (0,004)	0
3/2	2,7	2,5	0	2,9	2,3 (0,004)	—

Примечание. НСР₀₅ для 30-дневного возраста растений в 1974 г. в варианте $1/2$ НРК—0,87 мг, в 1975 г. — соответственно по уровням питания 0,48; 0,86; 1,29.

менились соотношения между содержанием препарата в корнях и в надземной массе (табл. 4). У кукурузы через 3 дня соотношения между содержанием атразина в корнях и надземной массе резко уменьшались с повышением уровня минерального питания, тогда как у гороха подобное явление наблюдалось только с повышением уровня с $1/4$ до $1/2$ НРК. Через следующие 4 дня у кукурузы атразин концентрировался в основном в корнях при всех изучавшихся уровнях питания, а у гороха содержание атразина в корнях превышало таковое в надземной массе в 1,6 раза только при пониженных уровнях питания ($1/4$, $1/2$ НРК). При нормальном уровне (1НРК) содержание атразина в надземной массе гороха было почти в 2 раза выше, чем в корнях. Через 14 дней соотношения между содержанием атразина в корнях и надземной массе кукурузы резко изменились, основная часть препарата находилась уже в надземной массе при всех изучавшихся уровнях питания, а горох к этому времени погиб. В вегетационном опыте 1975 г. содержание атразина в питательных растворах существенно уменьшилось через 30 дней после высадки растений только при $1/2$ НРК, причем в корнях кукурузы при том же уровне питания количество препарата было максимальным (табл. 5). В 1974 г. через 60 дней после посадки содержание атразина в питательных растворах снижалось по мере повышения уровня питания, а в 1975 г. к этому времени гербицид не удалось обнаружить ни в одном из вариантов.

Заключение

Содержание атразина в питательных растворах в начальные фазы развития растений наиболее интенсивно снижалось под кукурузой при пониженных уровнях питания, а гороха — при повышенных. У кукурузы в начальные фазы развития основная часть атразина при пониженных уровнях питания задерживалась в корнях, а при повышенных — переходила из корневой системы в надземные органы, что, возможно, и явилось причиной более высокой чувствительности ее к гербициду при повышенных уровнях питания. У гороха на первых этапах вегетации атразин задерживался в основном в корневой системе при всех изучавшихся уровнях питания и только в дальнейшем переходил с повышением уровня минерального питания из корней в надземные органы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин А. В. Деградация гербицидов в почве и растениях. — Сельск. хозяйство за рубежом. Сер. растениевод., 1974, № 1, с. 17—22. — 2. Жуков Ю. П., Карпухина Н. С. Действие различных питательных смесей на рост и развитие кукурузы. — Сб. науч. тр. ТСХА, 1978, вып. 228, с. 5—10. — 3. Ладонин В. Ф., Бекетова Л. И. Влияние некоторых галогидфеноксикислот на метаболизм РНК в растительных частях проростков гороха. — Химия в сельск. хоз-ве, 1968, № 9, с. 41—

46. — 4. Мережинский Ю. Г. Пути снижения поступления и активации гербицидов в культурные растения. — Тр. ВНИИ защиты растений, 1975, вып. 43, с. 100—107. — 5. Монорик А. В., Маличенко С. М. Роль почвы и растений в инактивации симазина и атразина. — Агрохимия, 1970, № 9, с. 114—119. — 6. Петунова А. А., Сабурова П. В. Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М.: Наука, 1966. — 7. Спесивцев Л. Г. Физиолого-биохимические изменения у растений кукурузы и гороха при воздействии 2,4-Д и атразина. — Автореф. канд. дис. М., 1971. — 8. Чесалин Г. А., Юрина Н. В. Содержание остаточных ко-

личеств пропазина в растениях моркови в зависимости от минерального питания. — Агрохимия, 1969, № 12, с. 118—122. — 9. Чесалин Г. А., Филиппова Н. В., Тимофеева А. А. Роль минерального питания в детоксикации гербицидов в растениях. — Химия в сельск. хоз-ве, 1973, т. 11, № 10, с. 47—50. — 10. Davis D. E., Tunderbeck H. H. — Weed, vol. 7, N 3, 1959, p. 300—309. — 11. Doli J. D., Penner D. — Weed Sci., 1970, vol. 18, N 3, p. 357—359. — 12. Sikka H. C., Davis D. E. — Weed Sci., 1968, vol. 16, N 4, p. 474—477.

Статья поступила 7 декабря 1981 г.

SUMMARY

Vegetation experiments in water cultures of corn and peas were carried out in 1972—1975 to study the influence of different levels of mineral nutrition (0.25; 0.5 and 1.0 NPK) on the content and distribution of atrazine in plants. It was established that the atrazine content in nutritive solution at the early stage of plant development greatly decreased in corn under reduced levels of mineral nutrition and in peas under increased level of mineral nutrition. In corn at the early stage of development the main part of atrazine under reduced nutrition level accumulated in roots, under the increased nutrition level accumulated in roots, under the increased nutrition level in was transported from them into above ground organs. In peas at the first stages of vegetation atrazine accumulated mainly in roots under all studied nutrition levels and only after this it was transported from them into above ground organs under increased mineral nutrition level.