

Зависимость химического состава зерна сельскохозяйственных культур от агротехники

О.А. Целуйко, К.С.-Х.Н., **В.И. Медведева**, С.Н.С.,
Ю.С. Поволоцкая, Н.С., Донской зональный НИИСХ

Многие учёные отмечают, что сельскохозяйственные культуры в процессе роста и формирования урожаев потребляют из почвы неодинаковое количество питательных веществ. Так, по данным И.М. Шапошниковой [1], в зоне неустойчивого увлажнения содержание и вынос азота, фосфора и калия зависели от метеорологических условий, предшественника, фона удобрения, биологии культуры. А.Н. Павлов [2] установил, что в зависимости от условий выращивания содержание белка в зерне может меняться в очень широких пределах: у пшеницы — от 8 до 25%, у кукурузы — от 7 до 14%. Основным внешним фактором, от которого зависит содержание белка в зерне, является обеспеченность растений азотом. Большое влияние оказывает водообеспеченность. Действие других факторов, влияющих на содержание белка в зерне, в конечном счёте сводится к изменению условий азотного питания. О.М. Иванова [3] также считает, что внесение азотных удобрений влияет на химический состав зерна и соломы различных сортов озимой пшеницы. В исследованиях А.С. Радова и др. [4] содержание азота, фосфора и калия в сельскохозяйственных растениях составляло в зерне озимой пшеницы 2,8–0,85–0,50%, озимой ржи — 2,20–0,85–0,60, ячменя ярового — 2,10–0,85–0,55, кукурузы — 1,91–0,57–0,37, гороха — 4,50–1,0–1,25, проса — 1,85–0,65–0,50, в семенах подсолнечника — 2,61–1,39–0,96%. Поэтому важно, как можно точнее определять содержание элементов питания и размеры их потребления в каждом конкретном случае для правильного применения норм и сроков внесения удобрений.

Материалы и методы исследований. Опыты проводили на стационарах лаборатории агрохимии Донского НИИСХ, которые расположены в приазовской зоне Ростовской области.

Почва — чернозём обыкновенный с содержанием гумуса — 3,6–4,0%, общего азота — 0,22–0,24, общего фосфора — 0,17–0,18, валового калия — 2,3–2,4%. Климат территории — умеренно континентальный.

Объектами исследований являлись зерновые и зернобобовые, масличные культуры. Исследования проводили в 2003–2012 гг. на стационарах Б и К, заложенных в 1985 г., состоящих из двух севооборотов. В севообороте первом стационара Б зерновыми и зернобобовыми (горохом) занято 70%, чистым паром, кукурузой на силос и подсолнечником — по 10%. В севообороте втором площади чистого пара, кукурузы на силос и подсолнечника — такие же, зерновыми занято 50%, люцерной 20%, гороха нет. Во 2-й ротации севооборотов снизили дозу органических удобрений, в севообороте втором — азотных, незначительно — фосфорно-калийных. С 2003 г. в обоих севооборотах органические, фосфорные и калийные удобрения на варианте II не вносили, в 3-м поле севооборота первого помещён подсолнечник, в последнем поле — рожь, в 4-м поле вместо кукурузы на зерно — озимая пшеница. Опыты по изучению влияния удобрений с 2003 г. в первом севообороте стационара Б проводили по следующей схеме: вариант 0 (без удобрений, контрольный); вариант I — навоз 6,0 т + $N_{44}P_{30}K_{24}$; вариант II — N_{52} ; вариант III — навоз 12,0 т + N_{40} ; во втором севообороте — вариант 0 (без удобрений, контроль); вариант I — навоз 4,0 т + $N_{27}P_{31}K_{27}$; вариант II — N_{38} ; вариант III — навоз 8,0 т + N_{23} .

В стационаре К размещены два зернотравяных севопольных севооборота. Культуры первого севооборота: озимая пшеница — злакобобовая смесь — озимая пшеница — ячмень с люцерной — люцерна — люцерна — яровая пшеница; второго севооборота: озимая пшеница — горох — озимая пшеница — яровой ячмень с травосмесью — травосмесь — травосмесь — просо. В них изучено систематическое внесение минеральных удобрений. С 2007 г. влияние удобрений изучали по схеме: вариант I — без удобрений контроль, II — с внесением только азотных удобрений N_{60} , III — сочетание фосфорно-калийных $P_{36}K_{60}$ и азотно-фосфорно-калийных удобрений $N_{60}P_{36}K_{60}$. Дозы удобрений указаны в д.в. на 1 га севооборотной площади.

Повторность опыта трёхкратная, размещение делянок в опыте Б систематическое, К — рендо-

мизированное. Фосфорно-калийные удобрения и навоз вносили на делянках под основную обработку почвы, азотные в подкормку. Агротехнику с.-х. культур осуществляли в соответствии с существующими рекомендациями. Постановку полевого опыта, проведение наблюдений и учётов выполняли по общепринятым в растениеводстве методикам [5, 6]. Учёт урожая — сплошной поделочный с последующим взвешиванием зерна и пересчётом на гектар проводили малогабаритным комбайном «Сампо-500», кукурузы — вручную. В лабораторных условиях определяли содержание азота, фосфора и калия в зерне и семенах с.-х. культур: содержание общего азота — по методу Кьельдаля (ГОСТ 13496.4—93), калия — пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504—97), фосфора — согласно ГОСТу 26657—97.

Результаты исследований. За исследуемый период содержание макроэлементов в сельскохозяйственных культурах зависело от многих факторов. Так, у озимой пшеницы в зависимости от дозы удобрения, предшественника и севооборота содержание азота колебалось в среднем от 1,77 до 2,35%, фосфора — 0,67–0,87, калия — 0,50–0,63%; озимой ржи — 1,76–1,91, 0,85–0,91, 0,61–0,63%; подсолнечника — 2,27–2,72, 1,20–1,45, 0,85–1,02%; кукурузы — 1,30–1,37, 0,59–0,62, 0,42–0,47%; гороха — 3,55–4,07, 0,99–2,08, 1,20–1,34%; злакобобовой смеси — 2,40–2,58, 0,85–1,09, 0,78–0,88%; ячменя с подсевом трав — 1,81–2,29, 0,64–0,95, 0,49–0,68%; проса — 1,72–1,88, 0,63–0,72, 0,35–0,44% соответственно (табл. 1–4).

В зерне озимой пшеницы первого севооборота стационара Б на неудобренном варианте наибольшее содержание азота отмечено после пара — 2,1%, фосфора и калия — после подсолнечника — 0,83 и 0,65% — соответственно. При внесении удо-

брений выделился вариант с внесением азота в дозе N_{58} на 1 га севооборотной площади после подсолнечника, где максимальное содержание питательных веществ в зерне составило: азота — 2,31%, фосфора — 0,87, калия — 0,65%. Содержание азота в зерне озимой пшеницы в севообороте с люцерной синегрибридной было несколько выше, чем в севообороте с горохом.

В зерне озимой пшеницы севооборота с люцерной стационара Б на контроле наибольшее содержание азота также отмечали после пара — 2,21%, фосфора — после подсолнечника 0,73%, калия — после люцерны 0,65%. При внесении удобрений высокие показатели получены после кукурузы на силос и люцерны от последствий органоминеральных удобрений в средних и повышенных дозах.

Самое высокое содержание азота в зерне культур стационара Б отмечено у гороха при внесении азота в дозе N_{58} на 1 га севооборотной площади — 3,75%, фосфора — в семенах подсолнечника от последствий органоминеральных удобрений в средних дозах (навоз, 4,0 т + $N_{27}P_{31}K_{27}$)—1,45%, калия — на горохе от последствий высоких доз органоминеральных удобрений (навоз, 12,0 т + N_{40}) — 1,28%.

Аналогично результатам стационара Б растения с удобренных вариантов стационара К в зерне различных с.-х. культур содержали питательных веществ в больших количествах, чем в контрольном варианте (табл. 3, 4).

В среднем за годы исследований внесение только азотных удобрений не оказало существенного влияния на содержание фосфора и калия в зерне озимой пшеницы в обоих севооборотах.

Самым низким содержание азота было на варианте с внесением фосфора и калия, а максимальным — при

1. Содержание азота, фосфора и калия в зерне с.-х. культур первого севооборота стационара Б в среднем за 2003–2012 гг., %

Вариант опыта	Содержание											
	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	без удобрений	навоз, 6,0 т + N ₄₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₅₂	навоз, 12,0 т + N ₄₀	без удобрений	навоз, 6,0 т + N ₄₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₅₂	навоз, 12,0 т + N ₄₀	без удобрений	навоз 6,0 т + N ₄₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₅₂	навоз, 12,0 т + N ₄₀
Озимая пшеница после пара	2,10	2,19	2,18	2,22	0,70	0,75	0,72	0,72	0,56	0,59	0,58	0,57
Озимая пшеница после к/УК. с	1,77	2,18	2,26	2,09	0,79	0,85	0,81	0,81	0,60	0,62	0,61	0,60
Озимая пшеница после гороха	1,99	2,23	2,21	2,20	0,69	0,77	0,76	0,80	0,60	0,59	0,61	0,59
Озимая пшеница после подсолнечника	1,90	2,18	2,31	2,25	0,83	0,84	0,87	0,85	0,65	0,63	0,65	0,65
Озимая рожь	1,76	1,88	1,90	1,91	0,85	0,90	0,91	0,89	0,61	0,62	0,63	0,61
Горох	3,70	3,56	3,75	3,55	0,99	2,08	1,16	1,08	1,20	1,27	1,26	1,28
Яровой ячмень	1,81	1,99	2,05	1,98	0,90	0,96	0,95	0,93	0,63	0,66	0,68	0,65
Подсолнечник	2,27	2,41	2,44	2,44	1,20	1,35	1,36	1,29	0,88	0,98	1,02	0,96

2. Содержание азота, фосфора и калия в зерне с.-х. культур во втором севообороте стационара Б
в среднем за 2003–2012 гг., %

Вариант опыта	Содержание											
	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	без удобрений	навоз, 4,0 т + N ₂₇ P ₃₁ K ₂₇	N ₃₈	навоз, 8,0 т + N ₂₃	без удобрений	навоз, 4,0 т + N ₂₇ P ₃₁ K ₂₇	N ₃₈	навоз, 8,0 т + N ₂₃	без удобрений	навоз, 4,0 т + N ₂₇ P ₃₁ K ₂₇	N ₃₈	навоз, 8,0 т + N ₂₃
Озимая пшеница после пара	2,21	2,35	2,26	2,27	0,67	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,56	0,52
Озимая пшеница после кукурузы на силос	2,04	2,27	2,24	2,29	0,73	0,79	0,78	0,79	0,54	0,57	0,54	0,56
Озимая пшеница после люцерны	2,20	2,23	2,23	2,22	0,71	0,73	0,77	0,74	0,55	0,62	0,63	0,60
Ячмень+ люцерна	1,81	1,99	2,05	1,98	0,90	0,96	0,95	0,93	0,63	0,66	0,68	0,65
Кукуруза на зерно	1,30	1,34	1,34	1,37	0,59	0,62	0,59	0,59	0,43	0,47	0,42	0,43
Подсолнечник	2,28	2,36	2,72	2,40	1,28	1,45	1,44	1,37	0,85	0,91	1,00	0,94

3. Содержание азота, фосфора и калия в зерне с.-х. культур стационара К
в среднем за 2007–2012 гг., %

Вариант опыта	Содержание											
	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀
Озимая пшеница после яровой пшеницы	1,86	2,26	2,19	2,40	0,75	0,70	0,82	0,82	0,51	0,50	0,56	0,58
ЗБС	2,42	2,58	2,40	2,58	0,85	1,04	1,03	1,09	0,78	0,78	0,80	0,88
Озимая пшеница после ЗБС	1,91	2,30	2,15	2,27	0,71	0,69	0,81	0,77	0,52	0,52	0,53	0,53
Ячмень +люцерна	2,16	2,29	2,01	2,23	0,64	0,79	0,73	0,90	0,49	0,61	0,57	0,64
Яровая пшеница	2,70	2,88	2,80	2,87	0,91	0,94	1,03	0,97	0,56	0,59	0,61	0,59

4. Содержание азота, фосфора и калия в зерне с.-х. культур стационара К
в среднем за 2007–2012 гг., %

Вариант опыта	Содержание											
	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀	Без удобрений	N ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀
Озимая пшеница после проса	1,84	2,23	2,00	2,31	0,74	0,72	0,79	0,79	0,54	0,52	0,54	0,55
Горох	3,77	3,96	3,77	4,07	1,11	1,10	1,18	1,21	1,22	1,23	1,33	1,34
Озимая пшеница после гороха	2,05	2,34	2,05	2,29	0,68	0,69	0,79	0,78	0,50	0,50	0,52	0,53
Ячмень +травосмесь	1,84	2,19	1,94	2,15	0,66	0,84	0,77	0,89	0,51	0,60	0,57	0,63
Просо	1,72	1,96	1,84	1,88	0,63	0,67	0,72	0,71	0,35	0,38	0,41	0,44

полном удобрении. Наименьшее содержание азота выявлено на варианте 0 (без удобрений) у озимой пшеницы после проса – 1,84%, а максимальное – на варианте с внесением азотно-фосфорно-калийного удобрения после яровой – 2,40%.

Среди других культур по наибольшему содержанию всех элементов питания выделялись горох и подсолнечник. Довольно высокое содержание фосфора наблюдалось в зерне ярового ячменя, озимой пшеницы, озимой ржи и зернобобовой смеси. Самое низкое содержание калия и фосфора выявлено в зерне проса, кукурузы, озимой пшеницы после пара и гороха. Содержание азота в зерне озимой пшеницы на контроле было наибольшим при посеве её по чистому пару, менее всего – после кукурузы. Такая же закономерность отмечалась в исследованиях И.М. Шапошниковой [1].

В опытах отношение $N:P_2O_5:K_2O$ в зерне равнялось 1:0,35:0,26 для озимой пшеницы; 1:0,42:0,31 – для ярового ячменя; 1:0,45:0,33 – для кукурузы; 1:0,33:0,34 – для гороха; 1:0,56:0,39 – для подсолнечника; 1:0,37:0,21 – для проса. Соотношение элементов изменялось в зависимости от удобрений и предшественников. Так, на контроле в зерне озимой пшеницы по чёрному пару относительное содержание N было несколько большим, а K_2O и P_2O_5 – меньшим, чем после

непаровых предшественников. Внесение РК вызывало уменьшение доли N от общей суммы элементов в зерне большинства изучаемых культур. Подбором предшественников можно влиять на содержание элементов питания в зерне сельскохозяйственных культур.

Выводы. Установлено, что в длительных стационарных опытах на чернозёме обыкновенном Ростовской области содержание основных элементов питания в сельскохозяйственных культурах зависит как от их биологических особенностей, так и от фона удобрения и предшественника. Внесение минеральных, органоминеральных удобрений повышает относительное содержание макроэлементов в основной продукции многих сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Шапошникова И.М., Макарова Л.И. Вынос питательных веществ с урожаями с.-х. культур в зоне неустойчивого увлажнения // *Агрохимия*. 1970. № 11. С. 65–70.
2. Павлов А.Н. О параллелизме модификационной и генотипической изменчивости признаков качества зерна // *Сельскохозяйственная биология*. 1990. № 1. С. 13–27.
3. Иванова О.М. Оптимизация азотного питания различных сортов озимой пшеницы в ЦЧЗ: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М., 2013. 26 с.
4. Радов А.С., Пустовой И.В., Корольков А.В. Практикум по агрохимии. М.: Колос, 1978. С. 331–332.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1971.