

УДК 633.14:664.64.016.8:631.811

### ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СОСТАВ БЕЛКОВ И ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА РЖИ

М. М. КИНЬОНЕС АГИЛАР, В. Ф. ГОЛЕНКОВ, Н. Н. НОВИКОВ,  
Н. П. КУКРЕШ

(Кафедра агрономической и биологической химии ТСХА и лаборатория микробиологии и биохимии ВНИИ зерна)

В СССР второй по значению зерновой культурой после пшеницы является рожь, которая имеет широкий ареал возделывания и способна формировать довольно высокие урожаи на сравнительно малопродуктивных дерново-подзолистых почвах [4, 5, 7, 10].

Накопление белков в зерне ржи определяется условиями выращивания и особенно применением удобрений. При улучшении питания растений повышаются урожайность ржи в 1,5—2 раза и содержание в зерне белков на 2—4 %, улучшается состав белкового комплекса зерна, что положительно влияет на его хлебопекарные свойства [2, 4, 6, 12].

Установлено, что у ржи так же, как у пшеницы и других злаков, существует обратная зависимость между величиной урожая и белковостью зерна, которая чаще всего отмечается на низком уровне азотного питания. При внесении достаточно высокой нормы азота повышение урожайности ржи, как правило, не сопровождается снижением белковости зерновок. Вместе с тем чрезмерное увеличение нормы азота вызывает полегание ржи, в результате понижается урожай и ухудшаются качественные показатели зерна [2, 8, 11]. В связи с этим важно располагать данными о правильном соотношении питательных элементов в удобрении, влия-

Т а б л и ц а 1

Урожайность ржи и накопление в зерне белков при различных условиях питания

Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га	Белок, % от сухой массы	Выход белка, кг/га	Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га	Белок, % от сухой массы	Выход белка, кг/га
1982 г.				1983 г.			
1 — без удобрения	23,9	9,5	195	Без удобрения	27,3	8,7	204
2 — 80N60P	43,4	10,1	376	60N45P	46,7	9,6	385
3 — 80N90K	44,3	10,0	381	60N60K	46,9	10,0	404
4 — 60P90K	26,2	8,9	200	45P60K	31,0	9,4	251
5 — 60N60P90K	42,4	9,4	343	40N45P60K	44,9	9,9	382
6 — 80N60P90K	45,4	10,8	422	60N45P60K	49,2	10,3	436
7 — 100N60P90K	46,8	10,6	426	80N45P60K	46,4	10,9	435
8 — 120N60P90K	42,8	9,6	354	100N45P60K	43,5	11,0	411
9 — 80N60P140K	45,7	9,9	389	80N45P90K	47,9	9,7	399
10 — 80N90P140K	46,0	9,7	383	80N60P90K	48,8	9,5	398
11 — 100N90P140K	44,1	9,5	360	100N60P90K	41,8	10,1	363
НСР <sub>05</sub>	2,4				2,9		
m	±0,15				±0,15		

нии условий питания на биосинтез в зерне веществ, определяющих его питательные и технологические свойства.

Целью данной работы было изучить состав белков и хлебопекарные свойства зерна тетраплоидной озимой ржи, выращенной при различных условиях питания.

### Методика исследований

Полевые опыты проводили на научно-экспериментальной базе АН БССР «Жодино» в звене севооборота кукуруза — яровая пшеница — озимая рожь. Выращивали озимую тетраплоидную рожь сорта Белта селекции Белорусского научно-исследовательского института земледелия. Почва опытного участка дерново-подзолистая песчанисто-суглинистая. Агрохимические показатели следующие:  $pH_{\text{с.о.л}}$  5,9/6,1\*; содержание гумуса — 2,2/2,3%;  $N_r$  — 2,0/2,2 мг экв; подвижного фосфора (по Кирсанову) — 15,5/16,7, обменного калия (по Масловой) — 10,0/14,2 мг на 100 г. В качестве общего фона под первую культуру звена севооборота (кукурузу) был внесен навоз 60 т/га. Схемы опытов приведены в табл. 1.

В 1982 г. нормы азота составили 60, 80, 100 и 120 кг/га, фосфора — 60 и 90 кг/га ( $P_2O_5$ ), калия — 90 и 140 кг/га ( $K_2O$ ); в 1983 г. — соответственно 40, 60, 80 и 100 кг/га; 45 и 60; 60 и 90 кг/га. Азот вносили весной после начала возобновления вегетации растений в виде аммиачной селитры, фосфор и калий — осенью под вспашку в виде суперфосфата и хлористого калия. Учетная площадь делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность опыта 4-кратная.

В зерне определяли содержание белкового азота микрометодом Кьельдаля, содержание белков — умножением белкового азота на коэффициент 5,83, фракционный состав белков — по Осборну с некоторыми модификациями [9], показатель числа падения — на приборе Хагберга — Пертена. Выпечка хлеба проводилась по рецептуре, разработанной во ВНИИЗ [3], качество хлебного мякиша оценивали с помощью автоматизированного пенетрометра АП-4/1 [1].

### Результаты исследований

Озимая рожь очень хорошо отзывалась на азотные удобрения, однако их эффективность во многом зависела от нормы. В опыте 1982 г. при внесении фосфорно-калийных удобрений урожайность ржи по сравнению с контролем (вариант без удобрения) повысилась незначительно, а белковость зерновок даже несколько снизилась, в результате выход белка с 1 га был на одном уровне (табл. 1). При внесении фосфорно-калийных удобрений совместно с азотными в норме 60N урожай зерна увеличился в 1,6 раза, но содержание в нем белков оставалось низким. Повышение нормы азота до 80 кг/га обеспечивало увеличение сбора зерна на 3 ц/га и содержания в нем белков на 1,4%. При внесении 100N урожайность ржи и белковость зерна существенно не изменились. Норма азота 120 кг/га оказалась неэффективной.

Следовательно, в условиях опыта норму азота 80 кг/га следует рассматривать как оптимальную.

Действие фосфорных удобрений в норме 60P на урожайность ржи было несущественным, однако выход белка увеличивался за счет повышения белковости зерна. Увеличение нормы фосфора до 90P (ср. варианты 9 и 10) не оказало существенного влияния на урожайность зерна и общий сбор белка. Внесение калийного удобрения (ср. варианты 2 и 6) мало влияло на урожай зерна, но повышало накопление в нем белков. При норме калия 140 кг д. в. на 1 га наблюдалось снижение белковости зерна. Использование повышенных норм всех внесимых удобрений (вариант 11) также не давало положительных результатов.

Таким образом, в опыте 1982 г. под влиянием удобрений урожайность ржи повысилась в 2 раза, накопление в зерне белков — на 1,3%. На фоне средней обеспеченности почвы подвижным фосфором и обменным калием наибольший эффект получен от внесения азотного удобрения в норме 80N. Применение более высоких норм азота оказалось малоэффективным. Для обеспечения сбалансированного питания растений ржи фосфором и калием на данной почве при внесении 80—100N достаточно вносить 60P и 90K.

В 1983 г. удобрения вносили в меньших нормах, но результаты получены примерно такие же, как в опыте 1982 г. В контроле урожай зерна был несколько выше, а содержание в нем белков ниже, чем в 1982 г., в то же время по выходу белка с 1 га различий по годам почти не отмечалось. При внесении фосфорно-калийных удобрений (вариант 4) урожайность ржи повысилась на 3,7 ц/га, белковость зерна — на 0,7%. Сравнение вариантов 2, 3, 4 и 6-го показывает, что повышение урожайности в варианте 4 обеспечивалось в равной степени внесением фосфорных и калийных удобрений, тогда как на белковость зерна большее влияние оказывал калий.

При внесении фосфорных и калийных удобрений совместно с азотными в норме 40N сбор зерна возрос в 1,4 раза и содержание в нем белков — на 0,5%. Увеличение нормы азота до 60 кг/га вызывало существенное повышение урожая (на 4,3 ц/га) и выхода белка. При 80 и 100N белковость зерна хотя и повысилась, но выход белка не увеличился вследствие понижения урожайности ржи.

Калий в нормах 60 и 90 кг/га не влиял на урожайность, но в данных случаях очень сильно снижалось накопление в зерне белков. Фосфор (60 кг/га) существенного влияния на урожайность и белковость зерна ржи не оказал. Одновременное повышение норм фосфора и калия (ср. варианты 8 и 11) также было малоэффективным.

Таким образом, в опыте 1983 г. наибольший эффект получен от внесения азота в нормах 60—80 кг/га, которые обеспечивали повышение урожайности ржи, белковости зерна, а также выхода белка более чем на 70%. Заметное увеличение выхода белка наблюдалось при внесении калийного удобрения за счет повышения белковости зерна. Однако при повышенной норме калия снижалось содержание в зерне белков.

\* В числителе — опыт 1982 г., в знаменателе — 1983 г.

Фракционный состав белков зерна ржи (N фракций в % от белкового N)

Вариант опыта	Альбуины и глобулины	Глиадины	Глютенины	Сумма глиадинов и глютеинов	Неэкстрагируемые белки
1982 г.					
1 — без удобрения	42,6	20,3	21,7	42,0	15,4
2 — 80N60P	45,2	21,3	20,6	41,9	12,9
3 — 80N90K	44,3	20,4	22,4	42,8	12,9
4 — 60P90K	42,7	20,6	22,8	43,4	13,9
6 — 80N60P90K	42,3	21,4	24,4	45,8	11,9
8 — 120N60P90K	43,4	20,7	22,8	43,5	13,1
10 — 80N90P140K	40,9	21,0	25,9	46,9	12,2
1983 г.					
1 — без удобрения	42,8	20,7	22,9	43,6	13,6
2 — 60N45P	42,7	20,9	22,4	43,3	13,8
3 — 60N60K	37,3	22,2	27,2	49,4	13,3
4 — 45P60K	44,8	18,4	25,0	43,4	11,8
5 — 40N45P60K	44,7	20,4	23,7	44,1	11,2
6 — 60N45P60K	43,0	20,3	25,3	45,6	11,4
7 — 80N45P60K	45,4	20,7	23,6	44,3	10,3
8 — 100N45P60K	43,6	21,5	23,9	45,4	11,0
9 — 80N45P90K	40,5	22,2	27,5	49,7	9,8
10 — 80N60P90K	41,7	21,2	25,6	46,8	11,5
11 — 100N60P90K	42,0	22,2	25,3	47,5	10,5
m	±0,5—0,7 %; НСР <sub>05</sub> 2,1 %.				

В опытах отмечались некоторые изменения в соотношении белковых фракций зерна под влиянием удобрений (табл. 2). В 1982 г. при недостатке фосфора и калия в зерновках ржи несколько повышалась концентрация альбуинов и глобулинов и понижалось содержание глютеинов. Общее накопление клейковинных белков (глиадинов и глютеинов) было заметно выше в вариантах с внесением полного удобрения, в которых норма азота не превышала 80 кг/га. Под действием удобрений понижалось содержание неэкстрагируемых белков, особенно в вариантах с внесением азота.

В опыте 1983 г. азотные удобрения не оказывали существенного влияния на состав белков. При внесении фосфора несколько повышалась концентрация легко растворимых белков и понижалось содержание клейковинных и неэкстрагируемых белков. Калий оказал заметное действие на соотношение глютеинов и неэкстрагируемых белков. При его внесении в зерне ржи увеличивалось количество глютеинов и уменьшалось содержание неэкстрагируемых белков. Увеличение нормы калия вызывало понижение концентрации альбуинов и глобулинов и повышение содержания глютеиновых белков.

Сопоставление двухлетних данных о составе белков позволило выявить ряд общих закономерностей, связанных с действием удобрений. Так, при улучшении питания растений (ср. варианты 1 и 6) в зерновках ржи увеличивается накопление глютеинов и уменьшается доля неэкстрагируемых белков; под влиянием калия в зерновках повышается концентрация глютеинов. Существенных изменений в составе белков под влиянием азотного удобрения не отмечалось. Действие фосфора в различные годы было неодинаковым: в более влажном 1982 г. его внесение (на фоне NPK) вызвало

увеличение накопления глютеинов и уменьшение концентрации легко растворимых белков — альбуинов и глобулинов, тогда как в относительно засушливом 1983 г. содержание указанных белковых фракций изменялось в противоположном направлении.

Наблюдаемые в наших опытах изменения состава белков в зерне ржи при внесении удобрений по абсолютным значениям небольшие, поэтому они не могут оказывать существенного влияния на питательную ценность зерна, однако возможна их связь с хлебопекарными свойствами.

Хлебопекарные свойства зерна ржи изучали по числу падения, объемному выходу, формоустойчивости и пористости хлеба, а также относительной пластичности и упругости хлебного мякиша (табл. 3).

Определение числа падения показало, что степень прорастания зерна заметно увеличивается в вариантах с повышенными нормами азота и в варианте без внесения калия. В вариантах 6 и 7, в которых наблюдался наиболее высокий выход белка, число падения ниже, чем в контроле, тем не менее активность амилолитических ферментов невысокая.

Объемный выход хлеба изменялся в довольно широких пределах — от 327 до 413 мл. Наиболее высокие значения этого показателя отмечены в вариантах 1 и 11, которые очень сильно различались по уровню питания. В варианте 11 (повышенные нормы удобрений) увеличение объема хлеба связано с высокой амилазной активностью зерна, о чем свидетельствуют более низкие значения числа падения. Хлеб, полученный из такого зерна, имеет большую полость, вследствие чего увеличивается его объем.

В варианте 1, в котором удобрения не вносили, высокий объемный выход хлеба

Хлебопекарные свойства зерна ржи в зависимости от условий питания  
(опыт 1983 г.)

Вариант опыта	Число падения, с	Объемный выход, мл	Формоустойчивость (Н/d)	Относительная пластичность мякиша, %	Относительная упругость мякиша, %	Пористость хлеба, %
1 — без удобрения	236	400	0,17	55,3	44,7	46,9
2 — 60N45P	192	373	0,19	54,6	42,4	54,3
3 — 60N60K	227	357	0,21	58,9	41,1	51,5
4 — 45P60K	218	347	0,15	55,3	44,7	49,7
5 — 40N45P60K	225	350	0,20	53,8	46,3	50,5
6 — 60N45P60K	203	333	0,17	55,2	44,8	52,1
7 — 80N45P60K	213	387	0,18	60,1	39,8	49,4
8 — 100N45P60K	188	327	0,15	53,9	46,1	51,3
9 — 80N45P90K	209	347	0,22	52,6	47,4	46,2
10 — 80N60P90K	214	360	0,20	55,4	44,6	50,8
11 — 100N60P90K	159	413	0,18	51,2	48,8	48,8
m	±2,5	±5	±0,01	±0,8	±0,8	±0,5

обусловлен тем, что у него корка отделена от мякиша полостью. Зерно этого варианта характеризовалось низким содержанием белков, а в составе белкового комплекса — меньшим содержанием глютелиновой фракции.

По результатам опыта видно, что увеличение объемного выхода хлеба не всегда может быть связано с улучшением хлебопекарных свойств зерна ржи. Для правильной оценки качества хлеба определяли его формоустойчивость, пористость и эластичность хлебного мякиша. Установлено, что условия питания растений ржи оказывают влияние на формоустойчивость хлеба. Низким этот показатель был в вариантах без внесения азота (1 и 4). В то же время нормы азота свыше 60 кг/га также понижали формоустойчивость хлеба.

Лучшая формоустойчивость хлеба отмечалась при повышенной норме калия, в вариантах без внесения фосфора и при внесении азота в дозе 40 кг/га (соответственно варианты 9, 10, 3 и 5). Сопоставление данных о фракционном составе белков с хлебопекарными свойствами показало, что более высокая формоустойчивость хлеба в вариантах 3 и 9, вероятно, связана с повышенным содержанием в зерне глютелиновой фракции и уменьшением доли легко растворимых белков, а в варианте 5 она обусловлена понижением активности в зерне амилолитических ферментов, определенной по числу падения.

Повышение пластичности и снижение упругости хлебного мякиша выявлены в вариантах 2, 3 и 7. В первых двух это связано с несбалансированным питанием растений ржи (недостатком фосфора или калия), а в варианте 7 — с повышением концентрации в зерне легко растворимых белков.

На пористость хлеба заметное действие оказывают калийное и азотное удобрения. Наиболее высоким этот показатель был в варианте 2 (без калия). Внесение калия (варианты 6 и 9) вызывало уменьшение пористости хлеба (от 54 до 46 %), азотное удобрение (60N) заметно улучшало ее. Тесной взаимосвязи между пористостью хлеба и фракционным составом белков не установлено.

Под влиянием удобрений изменяется цвет хлеба. В большинстве случаев корка и мякиш хлеба были коричневые или светло-коричневые, в контрольном варианте — очень темные. Особенно заметное влияние на цвет хлеба оказывал калий: в варианте 2 (без его внесения) цвет хлеба был темно-коричневым. При добавлении к фосфорному и азотному удобрениям калийного (вариант 6) хлеб приобретал типичный коричневый цвет, а внесение калия в повышенной норме изменяло цвет хлеба на более светлый.

Сопоставление различных показателей, характеризующих хлебопекарные свойства зерна ржи, позволяет отметить, что из зерна, выращенного при низком уровне питания, получается очень темный хлеб, со слабой формоустойчивостью и низкой, неравномерной пористостью мякиша. При выпечке в таком хлебе наблюдаются даже подрывы корки. В случае недостатка калия цвет хлеба очень темный, мякиш становится менее упругим. Повышенные нормы калия заметно улучшают формоустойчивость хлеба, но понижают его пористость, цвет хлеба становится более светлым. Изменение хлебопекарных свойств зерна ржи под влиянием калийного удобрения, возможно, связано с изменением состава белков, в частности с увеличением доли глютелиновой фракции.

Под влиянием фосфорного удобрения повышается упругость мякиша, но снижается формоустойчивость хлеба, что, вероятно, связано с уменьшением содержания в зерне клейковинных белков.

Лучшими хлебопекарными свойствами отличалось зерно, выращенное в варианте с нормой азота 40 кг/га. При недостатке азота ухудшалось качество хлеба — понижалась его формоустойчивость и образовывались полости внутри мякиша. Однако увеличение нормы азота также вызывает ухудшение хлебопекарных свойств зерна ржи: уменьшение числа падения, понижение формоустойчивости хлеба и упругости хлебного мякиша.

#### Заключение

При внесении удобрений на дерново-подзолистой песчанисто-суглинистой почве уро-

жайность озимой тетраплоидной ржи сорта Белта повышается в 1,8—2 раза, а белковость зерна — на 1,1—2,3 %, вследствие чего выход белка увеличивается более чем на 100 %. На фоне средней обеспеченности почвы подвижным фосфором и обменным калием наибольший эффект получен от внесения азота в нормах 60—100 кг/га.

При улучшении питания растений в зерновках ржи несколько увеличивается содержание глютеинов и уменьшается доля неэкстрагируемых белков. Особенно заметное действие на содержание в зерне глютеинов оказывает внесение калийного удобрения.

Под влиянием удобрений улучшаются хлебопекарные свойства зерна ржи: повышаются формоустойчивость хлеба, упругость и пористость хлебного мякиша. Калийные удобрения оказывают заметное влияние на цвет хлеба, его формоустойчивость и упругость; фосфорные — повышают упругость мякиша хлеба, но снижают его формоустойчивость.

При внесении азота в умеренной норме (40N) качественные показатели хлеба заметно улучшаются, тогда как при повышенной существенно понижаются число падения и формоустойчивость хлеба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ауэрман Л. Я., Суворова М. А., Тихомирова Л. В. Определение сжимаемости мякиша хлеба на пенетрометре. — Пищевая технология, 1960, № 3, с. 135—138. — 2. Бонатс И. П. Влияние азотного питания и препарата тур на урожай и качество зерна озимых зерновых культур. — В кн.: Урожай и качество хлебов. Рига: Зинатне, 1979. — 3. Голенков В. Ф., Приезжева Л. Г., Панкратьева И. А. Оценка качества ржаного хлеба по лабораторной выпечке. — Тр. ВНИИЗ.: Хлебопекарная и кондитерская промышленность. М., 1974, № 9, с. 15—17. — 4. Кротович В. Л. Биохимия зерна. М.: Наука, 1981. — 5. Кобылянский В. Д. Рожь. Генетические основы селекции. М.: Колос, 1982. — 6. Кунцевич И. А., Козловская М. П., Павлович Т. А. Влияние азотных удобрений на урожай и качество озимой ржи в условиях песчаных почв По-

лесья БССР. — Агрохимия, 1984, № 11, с. 3—7. — 7. Лызенко В. И. Влияние различных приемов окультуривания дерново-подзолистых почв на урожай и качество зерна озимой ржи сорта Гибридная-2. — Автореф. канд. дис. М., 1973. — 8. Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне. М.: Наука, 1984. — 9. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 10. Попов Г. И., Васько В. Т. Селекция и семеноводство озимой ржи. Л.: Колос, 1979. — 11. Созинов А. А. Урожай и качество зерна. М.: Знание, 1976. — 12. Титова Е. Н. Изменение качества зерна озимой ржи в зависимости от свойств почвы и вносимых удобрений. — В кн.: Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. М.: Колос, 1972.

*Статья поступила 18 июля 1985 г.*

## SUMMARY

Field experiments on soddy podzolic sandy loam soil show that fertilization increases the yielding capacity of rye variety Belta 1.8—2 times, protein content in grain—1.1—2.3 %. Under average supply of movable phosphorus and exchange potassium the highest effect has been obtained with nitrogen application at the rate of 60—100 kg/ha. With better nutrition rye caryopses contain more glutenines and less non-extractable proteins. Baking qualities of rye are improved.