

with the common productivity in the fertilized variants 6,85-7,50 tha^{-1} and crude protein content 12,4-13,9%. Application of full mineral fertilizer $\text{N}_{60+30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ has increased productivity of spring triticale by 2,45 tha^{-1} with common productivity 6,51 tha^{-1} , the crude protein content 12,2% and a recouperment of 1 kg NPK of 9,1 kg grain.

Поступила 23 февраля 2011 г.

УДК 633.17:631.82:631.445.24

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПРОСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская, Д.В. Маркевич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в структуре посевных площадей отмечается увеличение посевов проса – важной продовольственной культуры. Пшено проса содержит от 10 до 14% белка, примерно столько же, как у кукурузной и манной круп. Однако отмечается, что в годы с повышенной влагообеспеченностью белковость пшена может снижаться до 7-8% [1]. В пшенице проса отечественных сортов содержится в среднем 12% белка и 69% углеводов. Белок проса богат лейцином, треонином и метионином [2]. Состав белка и других качественных показателей зерна проса (содержание жира 2-4%) делают его незаменимым в производстве детского питания [1-3]. На почвах связного гранулометрического состава отмечено более высокое содержание белка в зерне проса по сравнению с рыхлосупесчаными почвами [4, 5].

В силу своих физиологических особенностей просо достаточно устойчиво к стрессовым погодным ситуациям, при наступлении благоприятных условий возобновляет вегетацию и накапливает значительную биомассу. Отмечено, что при смещении сроков сева с оптимальных на более поздние просо формирует урожайность зерна на 6-14% выше по сравнению с другими яровыми культурами [3, 4]. Просо лучше других зерновых культур использует влагу и очень отзывчиво на улучшение агротехнических приемов. В то же время нет данных по влиянию удобрений на качество проса в различные по влагообеспеченности годы [3, 4, 6-8, 12].

Высокая ценность продуктов из проса обуславливает интерес к изучению влияния различных факторов на качество зерна, в том числе системы удобрения с применением разных форм и доз азотных и комплексных удобрений на фоне последствия органических удобрений в условиях различной тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода, что и явилось целью наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния минеральных и органических удобрений, на урожайность и качество проса Галинка и Белорусское проводилось на дерново-подзолистой супес-

чаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком, почве в Экспериментальной базе им. Суворова Узденского района Минской области. Исследования проводили в двух ротациях севооборота (в двух полях):

▶ первая ротация: сераделла (2001-2002 гг.) – гречиха (2002-2003 гг.) – картофель (2003-2004 гг.) – просо (2004-2005 гг.) – овес + горчица, промежуточная культура (2005-2006 гг.);

▶ вторая ротация: люпин узколистный + сераделла (2006-2007 гг.) – гречиха (2007-2008 гг.) – картофель (2008-2009 гг.) – просо (2009-2010 гг.) – овес + промежуточная культура (2010-2011 гг.).

Среднегодовые дозы органических удобрений в данных севооборотах составили 6 и 12 т/га (вносились под картофель в дозах 30 и 60 т/га).

Эффективность минеральных удобрений при возделывании проса изучалась на минеральной и органо-минеральной (первый год последствия соломистого навоза КРС) системах удобрения. В первой ротации севооборота применялись новые формы комплексных удобрений с добавками регулятора роста растений из лузги гречихи «феномелан» и карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» на фоне РК, во второй ротации – комплексные NPK с В, Fe и «феномеланом». В качестве базовых вариантов применялись смеси стандартных туков (карбамид стандартный, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта перед закладкой опытов была следующей: рН в KCl – 5,39-5,55, содержание подвижных соединений P_2O_5 – 239-310, K_2O – 274-295 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,63-2,69%.

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Содержание сырого протеина определяли умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25, содержание критических (треонин, метионин) и незаменимых (треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) аминокислот – на жидкостном хроматографе «Agilent 1100». Биологическую ценность белка определяли расчетными методами. При определении биологической ценности содержание аминокислот в белке проса сравнивали с содержанием аминокислот в эталонных белках (белок куриного яйца, или так называемое «химическое число» и «аминокислотный скор» по шкале ФАО/ВОЗ) [9].

Температура воздуха и осадки по годам приведены по данным наблюдений в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в период вегетации в значительной степени определяют эффективность применяемых систем удобрения и продуктивность сельскохозяйственных культур. Известно, что степень влияния погодных условий (доля метеофакторов в общей амплитуде колебаний урожайности) на урожайность сельскохозяйственных культур составляет около 45-55%, а на почвах легкого гранулометрического состава и более [10, 11]. Улучшение условий минерального питания может снизить негативное действие этого фактора на 4-10%, при этом улучшается качество полученного урожая [11].

Продолжительность вегетационных периодов проса в годы исследований была достаточной для получения биологически зрелого зерна, в частности: в 2004 г. – 107 дней (сев в первой декаде мая), в 2005 г. – 101 день (сев во второй декаде мая), в 2009 г. – 94 дня (посев в первой декаде мая, но после ливневых дождей в июне, поле было пересеяно 19 июня), в 2010 г. – 104 дня (сев в начале второй декады мая). Уборку проса проводили в августе (2004, 2005 и 2010 гг., в 2009 г. – 24 сентября).

Метеорологические условия в период возделывания проса в 2004-2005 и 2009-2010 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура воздуха, осадки и гидротермический коэффициент за период май-август 2004-2005, 2009-2010 гг. (РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области)

Год	Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	За 5-8 месяц
2004	Осадки, мм	27,2	60	85,1	170,7	343,0
	C.t ⁰ > 10 ⁰ С	242	445	563,1	575,8	1825,9
	ГТК	1,12	1,35	1,51	2,96	1,88
2005	Осадки, мм	106,2	33,2	72,1	156,8	368,3
	C.t ⁰ > 10 ⁰ С	321,1	472,2	608,1	553,7	1954,6
	ГТК	3,31	0,70	1,19	2,83	1,88
2009	Осадки, мм	69,2	255	119,3	61,6	505,1
	C.t ⁰ > 10 ⁰ С	387,5	480	592,1	517,7	1977,3
	ГТК	1,79	5,31	2,01	1,19	2,55
2010	Осадки, мм	89,70	68,9	68,8	88	315,4
	C.t ⁰ > 10 ⁰ С	469,2	560,6	713,1	651,5	2394,4
	ГТК	1,91	1,23	0,96	1,35	1,32
Средне-много-летнее	Осадки, мм	61	81	90	83	315
	C.t ⁰ > 10 ⁰ С	384,4	483,0	545,6	505,3	1918,3
	ГТК	1,59	1,68	1,65	1,64	1,64

Вегетационные периоды при возделывании проса в 2004-2005 и 2009 гг. были влажными, гидротермический коэффициент (ГТК) составил: в 2004 г. – 1,88, в 2005 – 1,88 и в 2009 г. – 2,55. Вегетационный период в 2010 г. характеризуется как слабозасушливым, ГТК – 1,32, при среднемноголетнем – 1,64. Однако в годы исследований осадки по месяцам выпадали неравномерно и ГТК в период май-август изменялся в пределах: в 2004 г. – от 1,12 до 2,96, 2005 – от 0,70 до 3,31, 2009 – 1,19-5,31 и 2010 г. – 0,96-1,91, при среднемноголетнем – от 1,59 до 1,68.

Сумма температур выше 10⁰С за вегетационный период в 2004 г. была несколько ниже (на 5%) среднемноголетней соответственно в 2005 и 2009 гг. – выше на 2-3%, а в 2010 г. – выше на 25%.

Приведенные данные показывают, что выпадение осадков в период активного накопления биомассы проса в июне-июле 2004 г. было равномерным и составило 74-95% от нормы, что способствовало формирования достаточно высокого урожая зерна. Осадки за этот же период в 2005 г. составили 41-80% от среднемноголетних, июньская засуха резко снизила урожай зерна в удобренных вариантах. Исследованиями Т.А. Анохиной также подтверждается, что при дефиците осадков в этот период эффективность применения удобрений под просо снижается [12].

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Установлено, что при одинаковых формах и дозах применения минеральных удобрений под просо в течение двух ротаций севооборота уровень урожайности в большей степени изменялся от условий года, чем от форм применяемых удобрений. Так, засушливые погодные условия в июне и июле 2005 г. снизили, по отношению к 2004 г., урожайность зерна проса в вариантах с внесением стандартных форм удобрений на 11,0 ц/га (33,4%), а на фоне комплексных удобрений с регулятором роста растений «феномелан» – на 7,3 ц/га (22,1%). В то же время применение комплексных удобрений с добавками регулятора роста растений «феномелан» по сравнению со смесями стандартных туков обеспечило увеличение урожайности только на 3,8 ц/га, или 17,4%.

В 2009 и 2010 гг. прибавка от комплексных удобрений NPK с B, Fe и «феномеланом» составила 2,8-2,9 ц/га, или 10,3-9,2% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние погодных условий и комплексных удобрений на качество зерна проса, возделываемого на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в 2004-2005 и 2009-2010 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Сырой протеин, %	Сумма аминокислот, г/кг зерна		Содержание аминокислот в белке, мг/г белка		Аминокислотный скор, %	
			АКкр*	АКнез**	АКкр	АКнез	АКкр	АКнез
2004 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	32,9	11,1	7,10	37,22	62,8	329,0	99,2	124,0
НРК комплексное с «феномеланом»	33,0	11,3	7,26	37,65	64,2	333,2	99,7	123,2
НСР ₀₅	2,3	0,42	-	-	-	-	-	-
2005 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	21,9	10,4	5,70	32,23	54,8	309,9	89,4	116,4
НРК комплексное с «феномеланом»	25,7	10,6	6,09	33,92	57,5	320,0	93,5	119,5
НСР ₀₅	1,6	0,46	-	-	-	-	-	-
2009 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	28,3	9,9	6,10	33,26	61,8	336,8	101,4	124,9
НРК комплексное с B, Zn, Fe и «феномеланом»	31,2	10,3	6,07	33,62	58,9	326,4	95,7	120,5
НСР ₀₅	2,2	0,48	-	-	-	-	-	-
2010 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	30,2	9,3	5,10	29,47	54,8	316,9	90,1	117,1
НРК комплексное с B, Zn, Fe и «феномеланом»	33,0	9,2	5,42	30,86	58,9	335,4	97,1	124,2
НСР ₀₅	1,6	0,62	-	-	-	-	-	-

АКкр* – критические аминокислоты.

АКнез** – незаменимые аминокислоты.

Качество зерна проса в вариантах с указанными выше удобрениями при изменении погодных условий представлено в табл. 2 и на рис. 1.

Содержание протеина в зерне колебалось от 9,2 до 11,3%. В вариантах с комплексными удобрениями оно было более высоким (на 0,2-0,4%) в сравнении со смесями стандартных удобрений (табл. 2).

Сравнение изучаемых показателей качества зерна проса в различные по метеорологическим условиям годы показало, что комплексные удобрения с регулятором роста растений «феномелан» снижают негативное действие погоды в критические периоды развития по сравнению со смесями стандартных туков. Так, в варианте с комплексными удобрениями содержание суммы критических аминокислот в 2005 г. составляло 6,09 г/кг зерна, что было ниже, чем в 2004 г. на 1,17 г/кг зерна, или на 16,1%, соответственно в варианте со смесью NPK – ниже на 1,40 г/кг зерна, или на 19,7%. Аналогичная закономерность прослеживалась и по сумме незаменимых аминокислот, в частности снижение их содержания на фоне комплексных удобрений с «феномеланом» составило 9,9, а на фоне стандартных туков – на 13,4%.

Содержание критических аминокислот в 1 г белка на комплексных удобрениях в 2004 г. составило 64,2 и в 2005 г. – 57,5 мг/г (ниже на 6,7 мг/г, или 10,4% по сравнению с 2004 г.) соответственно, незаменимых аминокислот – 333,2 и 320 мг/г (ниже на 13,2 мг/г, или 4,0%). Значения этих показателей в варианте со стандартными удобрениями были следующие: критических аминокислот в 1 г белка в 2004 г. – 62,8 и в 2005 г. – 54,8 мг/г, или на 12,7% ниже уровня 2004, незаменимых аминокислот – 329,0 и 309,9 мг/г, или на 5,8% ниже.

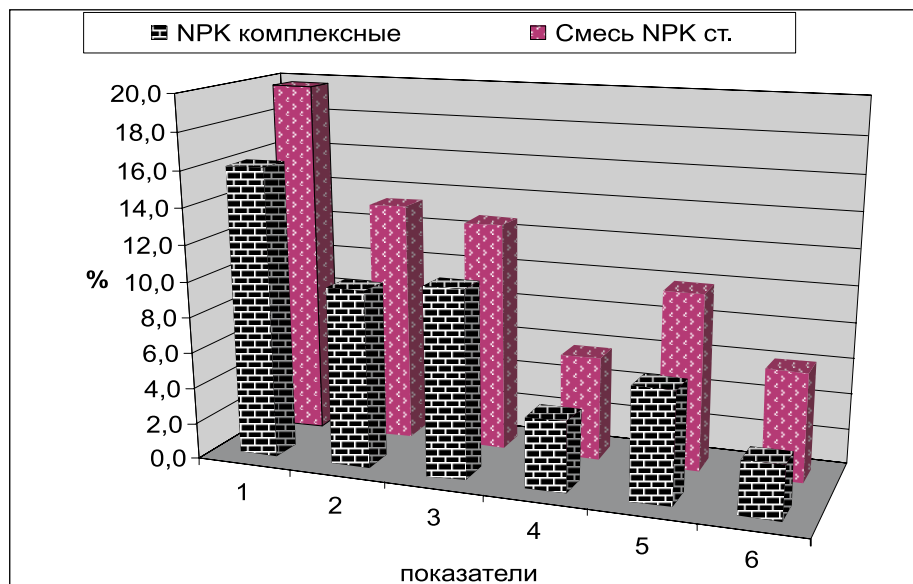
Аминокислотный скор критических аминокислот снижался в такой же закономерности: на фоне применения комплексных удобрений с регулятором роста растений от 99,7 (2004 г.) до 93,5 (2005 г.), на фоне стандартных туков с 99,2 (2004 г.) до 89,4% (2005 г.), скор незаменимых аминокислот – от 123,2 до 119,5 и от 124,0 до 116,4%. Следовательно, постоянно прослеживалось положительное действие комплексных удобрений на «устойчивость» качественных показателей белка проса при неблагоприятных погодных условиях 2005 г. (засушливые погодные условия в июне и июле) (табл. 1, 2).

Более наглядное снижение качественных показателей зерна проса в 2005 г. по отношению к 2004 г. представлено на рис. 1.

В первой ротации севооборота (2004-2005 гг.) урожайность зерна проса изменялась также в зависимости от применяемой системы удобрения (органической, минеральной и органо-минеральной) и составляла: на минеральной системе при внесении карбамида стандартного (N_{60}) на фоне $P_{40}K_{90}$ в 2004 и 2005 гг. – 32,9 и 21,9 ц/га; органической (6 т/га, первый год последствия) – 31,4 и 20,8 и органо-минеральной системе удобрения – с применением стандартных форм карбамида (N_{60}) – 32,6 и 27,2, а карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» (N_{60}) – 34,3 и 28,6, а при дозе N_{90} – 35,2 и 27,0 ц/га.

Прибавка урожая от азотных стандартных удобрений на минеральной системе удобрения к фону РК составила 6,3 (2004 г.) и 2,5 (2005 г.). Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» в дозе N_{60} кг/га д.в. на органо-минеральной системе удобрения при возделывании проса обеспечивало тенденцию повышения урожайности зерна на 1,4-1,7 ц/га, по сравнению со стандартным карбамидом. Повышение дозы карбамида с регулятором роста растений до N_{90} не

обеспечивало дальнейшего увеличения урожайности зерна проса, по сравнению с N₆₀ (табл. 3).



1 – сумма критических аминокислот в зерне проса; 2 – сумма незаменимых аминокислот в зерне проса; 3 – содержание критических аминокислот в белке проса; 4 – содержание незаменимых аминокислот в белке проса; 5 – аминокислотный скор критических аминокислот; 6 – аминокислотный скор незаменимых аминокислот

Рис. 1. Снижение показателей качества зерна проса в 2005 г. по отношению к 2004 г.,%

Качество зерна проса также в большей степени зависело от внесения азотных удобрений и в 2004 г. их действие на аминокислотный состав было наиболее выраженным.

Сумма критических аминокислот в варианте без удобрений составила 5,69 г/кг, незаменимых – 30,67 г/кг зерна. Фосфорные и калийные удобрения (фон) повышали уровень критических аминокислот на 0,47 г/кг, или 8,3% к контролю без удобрений, азотные, на фоне РК, повышали его на 1,41 г/кг зерна, или 24,8%. Последствие органических удобрений также было эффективным и увеличило содержание суммы критических аминокислот на 1,24 г/кг зерна, или 21,8%. Органо-минеральная система удобрения не приводила к дальнейшему росту суммы критических аминокислот по сравнению с минеральной. Такая же закономерность наблюдается и по содержанию незаменимых аминокислот.

Внесение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» на фосфорно-калийном фоне при органо-минеральной системе удобрения повышало содержание суммы критических и незаменимых аминокислот на 0,18 и 0,61 г/кг зерна, в сравнении с карбамидом стандартным. Увеличение дозы карбамида с N₆₀ до N₉₀ привело к снижению содержания аминокислот на 5,1-4,0% (табл. 3).

В 2005 г. сумма критических и незаменимых аминокислот в варианте без удобрений была такой же, как и в 2004 г. – 5,77 и 30,86 г/кг зерна, но в удобренных вариантах количество их было меньшим.

Влияние системы удобрения на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на урожайность и на аминокислотный состав проса Галинка, г/кг зерна, 2004-2005 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
2004 г.									
Без удобрений	22,3	3,49	2,21	5,14	3,69	10,82	5,34	5,69	30,67
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	26,6	3,95	2,21	5,16	3,76	10,97	5,39	6,16	31,44
N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	32,9	4,53	2,57	5,99	4,41	13,16	6,56	7,10	37,22
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	31,4	4,38	2,55	5,94	4,3	12,79	6,29	6,93	36,25
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ ст. + P ₄₀ K ₉₀ стандартные	32,6	4,53	2,31	5,84	4,46	13,41	6,53	6,84	37,08
ОУ ₁ + N ₆₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	34,3	4,39	2,63	6,14	4,5	13,46	6,57	7,02	37,69
ОУ ₁ + N ₉₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	35,2	4,50	2,23	5,96	4,41	13,01	6,35	6,73	36,46
НСР ₀₅	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
2005 г.									
Без удобрений	16,4	3,1	2,67	4,63	3,91	10,91	5,64	5,77	30,86
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	19,4	3,18	2,54	5,01	3,53	10,65	6,63	5,72	31,54
N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	21,9	3,09	2,61	5,01	3,52	11,35	6,65	5,70	32,23
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	20,8	3,24	2,73	5,13	4,17	11,72	5,99	5,97	32,98
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	27,2	3,38	2,75	5,36	4,31	12,02	6,08	6,13	33,90
ОУ ₁ + N ₆₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	28,6	3,32	2,79	5,39	4,39	12,07	6,24	6,11	34,20
ОУ ₁ + N ₉₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	27,0	3,31	2,68	5,21	4,15	11,5	5,79	5,99	32,64
НСР ₀₅	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-

* Критические аминокислоты

Содержание незаменимых аминокислот в зерне проса увеличивалось как при минеральной, так и при органической и органо-минеральной системе удобрения, по сравнению с контрольным вариантом: на фоне РК – на 0,68 г/кг зерна, NPK – 1,37 г/кг, последствие органических удобрений (ОУ) – 2,12 г/кг, ОУ + NPK – 3,04 г/кг, или на 2,2%, 4,5, 6,9 и 9,9% соответственно. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» повышал содержание незаменимых аминокислот на 0,30 г/кг зерна по сравнению с карбамидом стандартным.

Содержание критических аминокислот, по сравнению с контролем, при минеральной системе удобрения не возрастало, при органической увеличивалось на 0,20 г/кг зерна (3,5%), а при органо-минеральной с применением карбамида стандартного и карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» – на 0,36-0,34 г/кг зерна. Увеличение дозы карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» с N₆₀ до N₉₀ снижало содержание критических и незаменимых аминокислот на 2,1-5,1% (табл. 3).

Приведенные данные свидетельствуют, что азотные, а также фосфорные и калийные удобрения в оптимальном 2004 г оказали более сильное положительное влияние не только на урожай, но и на показатели качества. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» по сравнению со стандартным был эффективен, и повышал содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне проса в оба года исследований.

Содержание сырого протеина в зерне проса на контроле и при внесении фосфорных и калийных удобрений в 2004 и 2005 гг. различалось незначительно. Однако в оптимальном 2004 г. оно было более высоким, а в вариантах с внесением минерального азота на фоне РК, и особенно при органо-минеральной системе удобрения возрастало до 11,1-11,8%. В 2005 г. в этих вариантах содержание протеина составляло 10,4-10,6%. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» повышало содержание сырого протеина на 0,2-0,4% в сравнении с карбамидом стандартным (табл. 4).

Расчеты показали, что при более благоприятных погодных условиях в 2004 г. сбор белка и аминокислот с 1 га был выше, чем в 2005 г. Например, в 2004 г. на фоне фосфорных и калийных удобрений сбор белка составил 220 кг/га, аминокислот – 72 кг/га, что по белку выше на 38 кг/га (20,7%), а по сумме незаменимых аминокислот – на 13 кг/га (21,9%), чем на контроле. Карбамид стандартный на фоне РК при минеральной системе удобрения повысил их сбор на 132 кг/га и 46 кг/га. Максимальный сбор белка наблюдался при органо-минеральной системе удобрения: при внесении карбамида стандартного – 348 кг/га, при внесении карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» – 358 кг/га. В 2005 г. сбор белка составил 60-75% от уровня 2004 г., в частности: при минеральной системе удобрения – 196 кг/га, органо-минеральной с карбамидом стандартным – 243 кг/га, а в варианте с карбамидом с регулятором роста растений «гидрогумат» – 261 кг/га. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» в оба года исследований обеспечивало повышение сбора белка на 28-18 кг/га (8,8-7,4%), сбора аминокислот на 7-5 кг/га (6,7-6,3%) по сравнению с обычным карбамидом. Увеличение дозы модифицированного карбамида не приводило к увеличению сбора белка.

Расчет биологической ценности белка проса, сравнение его с белком куриного яйца (химическое число) и со шкалой ФАО/ВОЗ (аминокислотный скор) показал, что в целом биологическая ценность высокая и по незаменимым аминокислотам даже превышает ценность «идеального белка», незначительно различаясь по годам исследований (табл.4).

Удобрения в 2004 г. повышали биологическую ценность белка по отношению к контролю. В 2005 г. увеличения этих показателей при внесении удобрений не наблюдалось. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» в оба года не повышал показатели «химическое число» и «аминокислотный скор» по сравнению со стандартным карбамидом. При дозах карбамида N_{60} и N_{90} показатели биологической ценности белка пшеницы находились в близких пределах (табл.4).

Таблица 4

Влияние системы удобрения на урожай и качество пшеницы Галинка, 2004-2005 гг.

Вариант	Сырой протеин, %	Сбор белка	Сбор АКнез*	Биологическая ценность белка			
				химическое число	аминокислотный скор		
		кг/га		%			
2004 г.							
Без удобрений	9,5	182	59	68,0	91,5	94,2	119,5
Минеральная система удобрения							
$N_{11}P_{40}K_{90}$ (фон)	9,6	220	72	72,2	92,9	99,1	121,0
N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,1	314	105	72,2	95,1	99,2	124,0
Органическая система удобрения							
6 т/га OU_1	10,5	284	98	74,6	97,9	102,7	127,7
Органоминеральная система удобрения							
OU_1 + N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,4	320	104	67,4	91,8	91,9	119,3
OU_1 + N_{60} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,8	348	111	67,3	90,4	92,9	117,9
OU_1 + N_{90} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,8	358	110	64,0	87,2	87,0	113,3
HCP_{05}	0,42	-	-	-	-	-	-
2005 г.							
Без удобрений	9,4	133	44	70,8	93,8	100,4	123,4
Минеральная система удобрения							
$N_{11}P_{40}K_{90}$ (фон)	10,1	169	53	65,0	89,3	91,7	118,0
N_{60} ст + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,4	196	61	63,1	88,1	89,4	116,4
Органическая система							
6 т/га OU_1	9,5	170	59	72,4	98,8	102,5	129,9
Органо-минеральная система удобрения							
OU_1 + N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,4	243	79	67,8	92,8	95,7	121,7
OU_1 + N_{60} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,6	261	84	66,2	91,7	93,8	120,4
OU_1 + N_{90} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,1	234	76	68,2	92,1	96,2	120,8
HCP_{05}	0,46	-	-	-	--	-	-

АКнез* – сбор незаменимых аминокислот

Во второй ротации севооборота в 2009-2010 гг. изучалось влияние стандартных и новых форм комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зерна проса Белорусское.

Урожайность на контроле в 2009 г. составила 23,4 ц/га, при минеральной системе удобрения с применением стандартных форм удобрений – 28,3 ц/га, при органо-минеральной системе удобрения – 32,7-32,8 ц/га. Смесь стандартных удобрений на минеральной системе удобрения повышала урожайность зерна проса на 4,9 ц/га, последствие органических удобрений – на 2,4 ц/га, NPK при органо-минеральной системе – на 6,9-7,0 ц/га. Увеличение дозы комплексных удобрений с 190 кг/га д.в. до 285 кг/га, на фоне органических, не дало прибавки урожая зерна. В 2010 г. прибавка от стандартных удобрений при минеральной системе удобрения составила 13,1 ц/га (на контроле 19,9 ц/га), от стандартных и комплексных при органо-минеральной системе удобрения – 10,9 и 13,7 ц/га. При этом комплексные удобрения повышали урожайность на 2,8 ц/га к уровню стандартных. Увеличение дозы комплексных NPK даже снизило урожайность проса на 2,3 ц/га (табл.5).

Все удобрения, применяемые в опыте, повышали содержание аминокислот в зерне в оба года исследований. В 2009 г. содержание критических и незаменимых аминокислот на контроле составило 5,23 и 32,11 г/кг зерна. На фоновом варианте содержание критических и незаменимых аминокислот повышалось на 0,24 и 0,36 г/кг зерна, на NPK стандартных (в зависимости от системы удобрения) – на 0,87-1,07 и 0,71-1,15 г/кг зерна, соответственно на комплексных с микроэлементами – на 1,25-1,43 и 1,69-2,72 г/кг зерна по сравнению с контролем. Наибольшее содержание критических и незаменимых аминокислот наблюдалось при органо-минеральной системе с комплексными удобрениями – 6,66 и 33,80 мг/кг зерна, с прибавкой к контролю 1,43 и 1,69 г/кг зерна, или 27,3 и 5,3%.

В 2010 г. в вариантах с внесением РК (фон) и NPK стандартных при минеральной системе удобрения содержание критических аминокислот не изменялось, а незаменимых увеличивалось на 2,2-4,5%. При органо-минеральной системе удобрения содержание критических аминокислот возрастало на 0,22-0,36 г/кг зерна, или 3,8-6,2%, и незаменимых – на 1,78-3,34 г/кг зерна, или 5,8-10,9%. Увеличение дозы комплексного удобрения с $N_{60}P_{40}K_{90}$ до $N_{90}P_{60}K_{135}$ в оба года исследований обеспечивало незначительное увеличение содержания суммы незаменимых аминокислот в зерне (на 0,12-1,03 г/кг, или 0,4-3,1%) (табл. 5).

Внесение удобрений оказало положительное влияние на содержание сырого протеина, сбора белка и суммы аминокислот. В 2009 г. содержание протеина в зерне проса на контроле составляло 9,6%, на фосфорно-калийных удобрениях и смесях стандартных NPK повышалось на 0,1-0,3%, а при органо-минеральной системе удобрения со смесями стандартных туков и комплексными удобрениями с микроэлементами и регулятором роста растений возросло на 1,1 и 1,7% – до 10,7-11,3%. Значительное увеличение содержания белка в зерне проса при органо-минеральной системе удобрения с применением стандартных и комплексных удобрений с модифицирующими добавками повысило сбор белка до 302 и 319 кг/га, что на 61-77 кг/га или 25,5-31,9% выше, чем при минеральной системе удобрения. Прибавка от комплексных удобрений составила

Влияние системы удобрения на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на аминокислотный состав проса Белорусское, г/кг зерна. 2009 -2010 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
2009 г.									
Без удобрений	23,4	2,37	2,86	4,86	4,07	12,44	5,51	5,23	32,11
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	26,7	2,85	2,62	4,86	4,08	12,51	5,55	5,47	32,47
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	28,3	3,24	2,86	4,88	4,1	12,57	5,61	6,10	33,26
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	25,8	3,23	2,84	4,90	4,10	12,32	5,46	6,07	32,84
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	32,8	3,45	2,85	4,97	4,12	12,09	5,34	6,30	32,82
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	32,7	3,69	2,97	5,1	4,26	12,25	5,53	6,66	33,80
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	32,8	3,51	2,97	5,34	4,33	12,86	5,82	6,48	34,83
НСР ₀₅	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2010 г.									
Без удобрений	19,9	2,53	1,96	4,33	3,77	11,04	4,82	4,49	28,45
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	23,0	2,61	2,2	4,4	3,84	11,12	4,85	4,81	29,02
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	30,2	2,69	2,41	4,46	3,91	11,1	4,9	5,10	29,47
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	23,1	2,65	2,38	4,41	3,88	10,98	4,78	5,03	29,08
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	34,0	2,81	2,55	4,67	4,06	11,75	5,12	5,36	30,96
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	36,8	2,78	2,54	4,71	4,14	11,96	5,25	5,32	31,38
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	34,5	2,79	2,67	4,68	4,16	11,93	5,27	5,46	31,50
НСР ₀₅	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-

* – критические аминокислоты

Влияние системы удобрения на урожай и качество проса Белорусское, 2009-2010 гг.

Вариант	Сырой протеин, %	Сбор белка кг/га	Сбор АКнез*	Биологическая ценность белка, %			
				химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	Акн	АКкр	Аккр
2009 г.							
Контроль без удобрений	9,6	193	65	64,2	94,3	93,3	124,2
Минеральная система удобрения							
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	9,7	223	75	65,3	94,1	93,1	123,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	9,9	241	81	71,3	95,2	101,4	124,9
Органическая система удобрения							
6 т/га ОУ ₁	9,6	213	73	72,9	96,8	103,6	126,9
Органо-минеральная система удобрения							
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	10,7	302	93	67,7	87,1	95,8	114,1
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	11,3	318	95	67,7	85,2	95,6	111,7
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	11,3	319	98	66,1	87,3	93,6	114,5
2010 г.							
Контроль без удобрений	8,3	142	49	62,0	95,7	87,3	124,7
Минеральная система удобрения							
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	8,6	170	57	64,4	94,7	91,2	123,7
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	9,3	242	77	63,4	89,4	90,1	117,1
Органическая система удобрения							
6 т/га ОУ ₁	9,2	183	58	63,2	89,2	89,9	116,7
Органо-минеральная система удобрения							
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	9,6	281	91	64,5	90,9	91,9	119,0
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	9,9	313	99	62,1	89,2	88,6	116,8
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	9,7	288	93	65,3	91,7	93,3	120,2

АКнез* – сбор незаменимых аминокислот

16 кг/га белка (5,3%). Биологическая ценность белка была примерно на уровне простых форм удобрений. Увеличение дозы комплексных удобрений от 190 до 285 кг/га д.в. не влияло на величину сбора белка и незаменимых аминокислот, а также биологическую ценность белка проса (табл. 6).

Такая же закономерность по сбору белка наблюдалась и в 2010 г., увеличение сбора белка в варианте с комплексными удобрениями при органо-минеральной системе, в сравнении со стандартными туками, составило 32 кг/га или 11,4%. Увеличение дозы комплексных удобрений не увеличило сбор белка, однако наблюдался некоторый рост показателей его биологической ценности: химическое число критических и незаменимых аминокислот повышалось на 3,2-2,5%, аминокислотный скор – на 4,7-3,4% (табл. 6).

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах при выпадении осадков в период активного нарастания биомассы проса (июнь-июль) в пределах 74-96% от среднемесячной нормы урожайность проса на органо-минеральной системе удобрения составляла 32,6-35,2 ц/га. При выпадении в этот период осадков на уровне 40-80% от среднемесячной нормы урожайность снижалась до 27,2-28,6 ц/га. Новые формы комплексных удобрений с регулятором роста «феномелан» способствовали снижению негативного действия погодных условий, увеличивая урожайность проса на 3,8 ц/га при одновременном улучшении качества зерна.

2. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» при возделывании проса в первой ротации севооборота при органо-минеральной системе удобрения обеспечило повышение урожая зерна на 1,7-1,4 ц/га, содержание протеина на 0,2-0,4% и его сбор на 18-28 кг/га (7,4-8,8%) по сравнению со стандартным карбамидом. При этом сумма критических и незаменимых аминокислот в зерне повышалась на 0,18 и 0,30-0,61 г/кг. Ценность белка по незаменимым аминокислотам находилась на уровне норм, рекомендованных ФАО/ВОЗ. Увеличение дозы модифицированного карбамида с N_{60} до N_{90} на фоне $P_{40}K_{90}$ не было эффективным.

3. Внесение во второй ротации севооборота новых форм комплексных НРК с В, Fe и регулятором роста «феномелан» ($N_{60}P_{40}K_{90}$) при органо-минеральной системе удобрения повышало урожайность зерна проса на 2,8 ц/га (8,2%), увеличивало содержания белка в зерне на 0,3-0,6%, сбор белка на 16-32 кг/га (5,3-11,4%), содержание критических аминокислот – на 0,36 и незаменимых – на 0,42-0,98 г/кг/зерна (от 5,7 до 3,0%). Увеличение дозы комплексных удобрений с микроэлементами от $N_{60}P_{40}K_{90}$ до $N_{90}P_{60}K_{135}$ (с 190 кг/га д.в. до 285 кг/га) не приводило к увеличению урожайности зерна и сбора белка с 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А.А. Просо / А.А. Корнилов. – Москва: Сельхозгиз, 1957. – 255 с.
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

3. Лысов, В.Н. Просо / В.Н.Лысов // Культурная флора СССР: в 3 т.; под ред. А.А.Корнилова. – Л.: Колос, 1975. – С.124-236.
4. Анохина, Т.А. Урожайность и питательная ценность зерна и соломы яровых зерновых культур в зависимости от сроков сева / Т.А. Анохина, В.П. Цыбульский // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2007. – Вып. – 43. – С.132-141.
5. Лапа, В.В. Влияние минеральных удобрений на качество зерна проса при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / В.В.Лапа, М.М. Ломонос // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38). – С.106-112.
6. Кравцов, В.А. Просо – культура урожайная / В.А. Кравцов, З.И. Евдокименко, С.В. Кравцов // Рекомендации по внедрению законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство области. – Гомель. – 1999. – С.3-5.
7. Технология производства продукции растениеводства / под ред. В.Ф. Мальцева, М.К. Каюллова // Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 601 с..
8. Кадыров, Р.М. О возможностях возделывания пайцзы в Беларуси / Р.М. Кадыров, Т.А. Анохина, С.В. Кравцов // Земляробства і ахова раслін. – №6. – 2006. – С.4-7.
9. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.] – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.
10. Гольберг, М.А. Опасные явления погоды и урожай / М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, А.А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 120 с.
11. Лапа, В.В. Урожайность и качество зерновых культур в севообороте при разных системах удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорусского общества почвоведов, Минск, 25-29 июня 2001 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – Ч. 2. – С.164-166.
12. Анохина, Т.А. Значение некоторых агроприемов в формировании зерна проса на юго-западе Беларуси / Т.А. Анохина, Е.М. Чирко // Земледелие и селекция в Беларуси. – Минск. – 2005. – Вып. 41. – С.79-87.

**IMPACT OF FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY
OF A GRAIN OF MILLET AT CULTIVATION
ON PODZOLUVSOL LOAMY
SAND SOIL**

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya, D.V. Markevich

Summary

The investigation results in a stationary field experiment on the luvisol loamy sand soil during the two cycles of crop rotation are presented. It is found due to research results that the composite fertilizer including regulator of growth and micronutrients and carbamid with regulator of growth has ensured the higher contents of critical and

irreplaceable amino acids in millet grain in comparison with standart fertilizers mixed. The maximum tax of crude protein and irreplaceable amino acids was in years with optimum moisture degree in variants with new forms of fertilizers.

The new forms fertilizers application does not reduced biological value («amino acid scor») of millet grain there is above than norms recommended by FAO/WHO.

Поступила 25 апреля 2011 г.

УДК 631.438:633.17:631.445.2

УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷CS И ⁹⁰SR В ЗЕРНЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ПРОСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Э.М. Батыршаев, И.М. Богдевич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в Республике Беларусь просо обыкновенному (*Panicum miliaceum* L.) уделяется большое внимание как важной продовольственной и кормовой культуре.

Ежегодная потребность республики в зерне проса составляет 100-120 тыс. т (в том числе 40-45 тыс. т крупы) [1].

Валовой сбор зерна зависит от культур и сортов, адаптированных к конкретным погодно-климатическим условиям. В последние годы в структуре посевных площадей отмечается увеличение площадей проса. Это связано с тем, что в республике, особенно в южных районах, практически через год наблюдается засуха различной интенсивности, а данная культура относится к числу засухоустойчивых [2, 3]. Наряду с засухоустойчивостью, достоинствами этой культуры являются такие качества как мелкосемянность, скороспелость, широкая амплитуда сроков сева, длительность хранения семян, в силу чего оно является прекрасной страховой культурой в случае гибели посевов озимых или ранних яровых культур [4].

Просо – ценная крупяная культура. Крупа проса по содержанию белка (12-14%) занимает одно из первых мест среди других крупяных культур, а по содержанию жира (3,5%) уступает только овсяной крупе. Пшено богато зольными элементами, особенно фосфором и магнием, микроэлементами, важнейшими витаминами: тиамином (B₁), рибофлавином (B₂), никотиновой и фолиевой кислотами. Отличается хорошими вкусовыми качествами, быстрой развариваемостью. По калорийности крупа проса приравнивается к рисовой и гречневой крупам (325 ккал в 100 г крупы). Привар крупы составляет 12–13%, что вдвое больше, чем у риса [5-7].

Зерно широко используется в свиноводстве и птицеводстве, при этом у кур повышается яйценоскость и прочность скорлупы. Просьяная солома по кормовой