

О.Е. Шаковец, младший научный сотрудник
Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси
УДК 631.82:633.13:631.445.2

Влияние различных уровней применения минеральных удобрений на урожайность и качество овса на дерново-подзолистой супесчаной почве

В полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве изучались различные системы применения минеральных удобрений для овса, рассчитанные на дефицитный, поддерживающий и положительный баланс фосфора и калия с урожаем. Установлено, что оптимальным вариантом системы удобрения для овса является $N_{60+30}P_{30}K_{30}$ обеспечивающим урожайность зерна в среднем за три года исследования 37,3 ц/га. Приводятся данные о качестве зерна (содержание и сбор белка, аминокислотный состав).

Овес является важнейшей зерновой культурой. В 2002 г. в РБ его посевные площади занимали 238 тыс. га при средней урожайности 22,4 ц/га. Овес широко используется на пищевые и кормовые цели из-за высокого качества зерна. Качество зерна определяет комплекс технологических и биохимических признаков: содержание белка, лизина, углеводов, липидов, витаминов; масса 1000 зерен; вкусовые качества. Благодаря хорошей усвояемости белков и содержанию важнейших веществ, стимулирующих рост и повышающих жизненный тонус, зерно овса считают наиболее ценным из фуражных культур. По сравнению с другими зерновыми культурами овес характеризуется повышенным содержанием белка (9,6-19%), наилучшим соотношением незаменимых и критических аминокислот. Питательную ценность зерна определяют также углеводы и липиды (накопление липидов наиболее высокое среди всех зерновых культур), витамины группы В (тиамин, рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота), холин, биотин, пиридоксин и фенольные соединения [1-5]. В зерне овса содержатся такие макро- и микроэлементы, как фосфор, калий, кремний, магний, кальций, сера, хлор, железо, марганец, медь, цинк [3-5].

Овес отзывчив на внесение минеральных удобрений, которые в значительной мере определяют качество зерна. Однако, как отмечают многие исследователи, повышенные дозы удобрений снижают биологическую ценность белка [4-8].

Цель исследований заключалась в изучении эффективности возрастающих доз азотных удобрений на фоне фосфорных и калийных, рассчитанных на 50% о-ный (дефицитный), 100% о-ный (поддерживающий) и 175% о-ный (положительный) баланс фосфора и калия с урожаем, а также в разработке нового варианта системы удобрения, обеспечивающей высокую и стабильную продуктив-

During the field test on the sod-podzolic light loamy soil the different systems of applying mineral fertilizers on oats, calculated for deficit, supporting and positive balance of phosphorous and potash with the crop have been studied. It has been established that the optimal system of applying fertilizers on oats is $N_{60+30}P_{30}K_{30}$ which ensured the yield of grain at 37,3 c/ha. The article provides the data on grain quality (the content and the composition of protein, the composition of amino-acids).

ность культуры и поддержание достигнутого уровня плодородия почвы.

Эффективность различных уровней применения минеральных удобрений изучалась в полевом опыте, заложенном в э/б им. Суворова Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве с агрохимическими показателями пахотного горизонта: рН КС1 5,9-6,2, Нг - 1,58-1,92, сумма обменных оснований 9,10-9,52 мг-экв/100 г почвы, обменные кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижных: P_2O_5 - 170-290, K_2O - 130-230 мг/кг почвы, гумуса 2,5-3,0%.

В опыте применяли аммиачную селитру (34% N), простой суперфосфат (20% P_2O_5), хлористый калий (60% K_2O). Общая площадь делянок - 45 м², учетная - 28 м², повторность вариантов - 4-кратная. Сорт овса - Дукат.

В период исследований погодные условия оказали определенное влияние на зерновую продуктивность овса. 1998-2000 гг. различались по метеорологическим условиям. Сумма выпавших осадков за период вегетации (апрель-август) в 1998 г. составила 500,9 мм, в 1999 г. - 135,9 мм, в 2000 г. - 240,1 мм при средней многолетней величине 363 мм. Сумма активных температур по годам исследований была в 1998 г. - 2016,8 °С, в 1999 г. - 2270,4 °С, в 2000 г. - 2190 °С. В соответствии с этими показателями изменялся и условный показатель увлажнения - гидротермический коэффициент (ГТК), который в 1998 г. составил 2,50, в 1999 г. - 0,60, в 2000 г. - 1,10. Судя по гидротермическому коэффициенту, вегетационный период 1998 г. характеризуется как переувлажненный, 1999 г. - засушливый, 2000 г. - слабо засушливый.

Схема опытов приведена в таблице 1. Результаты исследований показывают, что в 1998 г. в условиях избыточного увлажнения и пониженных температур урожайность по вариантам опыта составила 22,5-35,7 ц/га. Оптималь-

ным оказался вариант 12 ($N_{90}P_{40}K_{80}$) для системы удобрения с поддерживающим балансом фосфора и калия (урожайность 35,7 ц/га при самых высоких показателях окупаемости удобрений: 1 кг NPK – 8,6 и 1 кг N – 9,3 кг зерна). Самая низкая эффективность применения удобрений установлена для системы удобрения, рассчитанной на положительный баланс фосфора и калия (окупаемость – 2,2 – 8,6 кг зерна).

В 1999 г. урожай по вариантам опыта составил от 20,1 до 31,6 ц/га. Для данного года исследований оптимальной оказалась система удобрения с внесением $N_{90}P_{70}K_{120}$, получен урожай зерна 31,6 ц/га.

Наиболее благоприятным для формирования урожая зерна овса был 2000 г. (ГТК=1,1). Урожайность зерна в 2000 г. в варианте без удобрений на 8,3 ц/га выше, чем в 1999 г., и на 5,9 ц/га выше, чем в 1998 г. На вариантах с внесением удобрений урожай изменялся от 28,4 до 51,3 ц/га, что несколько превышает показатели 1998 и 1999 г. Максимальный урожай в опыте получен в варианте $N_{60}K_{120}$ – 51,3 ц/га и варианте $N_{90}P_{70}K_{120}$ – 51,0 ц/га. Оптимальный урожай на уровне 48,3 ц/га сформировался при внесении $N_{90}P_{40}K_{80}$, т.е. дозах фосфора и калия, рассчитанных на компенсацию выноса их с урожаем. Для данного варианта отмечается окупаемость 1 кг NPK удобрений – 6,4 кг зерна и 1 кг N удобрений – 14,3 кг зерна.

В среднем за 3 года лучшим было внесение $N_{90}P_{40}K_{80}$, урожайность зерна в этом варианте составила 37,3 ц/га, получена наибольшая прибавка урожая – 10,5 ц/га.

Установлена различная отзывчивость овса на вносимые минеральные удобрения. Наиболее существенное

влияние на урожайность овса в наших исследованиях оказали азотные удобрения. С увеличением количества вносимого азота от 30 до 90 кг/га д.в. прибавки возрастали до 6,1-11,5 ц/га. В среднем за 1998-2000 гг. наименьшая прибавка зерна получена от применения РК-удобрений (2,1-2,4-5,2 ц/га зерна овса). Однако существенного отличия между уровнями фосфорно-калийного питания ($P_{20}K_{40}$, $P_{40}K_{80}$, $P_{70}K_{120}$) в опыте не установлено. Кроме того, увеличение доз фосфора и калия снижало окупаемость полного минерального удобрения на этих вариантах. Парные комбинации удобрений (NP, NK) менее эффективны.

В среднем за 3 года исследований масса 1000 зерен варьировала от 33,5 до 37,0 г. Выявлено, что данный показатель в наших исследованиях в меньшей степени зависел от метеорологических условий и в большей – от применяемой системы удобрения. На массу 1000 зерен основное влияние оказывали фосфорно-калийные удобрения, действие азотных удобрений было менее существенным (табл. 1).

В наших исследованиях содержание белка в зерне определялось количеством (дозой и соотношением) вносимых удобрений и метеорологическими условиями. Самые благоприятные условия для накопления белка сложились в 1999 г., когда его количество было выше, чем в 1998 и 2000 г. (сформировалось менее выполненное зерно с повышенным содержанием белка (7,8-9,6%) по сравнению с 1998 г. (4,9-7,9%) и 2000 г. (4,3-7,6%).

Основные показатели качества зерна овса – содержание белка, углеводов, липидов, элементов питания. Кормовые и пищевые достоинства повышаются при увели-

Таблица 1. Влияние систем удобрений на урожайность овса Лукат на дерново-подзолистой супесчаной почве (1998-2000 гг.)

№	Вариант	Зерно, ц/га				Прибавка, ц/га		Оплата 1 кг удобрений зерном, кг		Солома, ц/га	Масса 1000 зерен, г
		1998 г.	1999 г.	2000 г.	Среднее	к фону	к РК	NPK	N		
1	Контроль	22,5	20,1	28,4	23,7	-	-	-	-	18,2	33,5
2	Навоз	23,1	22,6	34,8	26,8	-	-	-	-	19,9	34,3
3	$N_{60}P_{70}$	28,7	23,0	43,3	31,7	4,9	-	3,8	-	25,8	36,0
4	$N_{60}K_{120}$	31,8	21,7	51,3	34,9	8,1	-	4,5	-	27,9	36,9
5	$P_{70}K_{120}$	29,1	24,7	42,2	32,0	5,2	-	2,7	-	24,4	36,1
6	$N_{30}P_{70}K_{120}$	30,4	28,2	46,0	34,9	8,1	2,9	3,7	9,7	25,1	36,6
7	$N_{60}P_{70}K_{120}$	30,4	31,0	48,5	36,6	9,8	4,6	3,9	7,7	25,4	36,5
8	$N_{90}P_{70}K_{120}$	34,9	31,6	51,0	39,2	12,4	7,2	4,4	8,0	29,1	36,4
9	$P_{40}K_{80}$	27,5	23,9	35,4	28,9	2,1	-	1,8	-	27,7	36,2
10	$N_{30}P_{40}K_{80}$	31,2	28,5	39,2	33,0	6,2	4,1	4,1	1,4	21,9	37,0
11	$N_{60}P_{40}K_{80}$	30,2	29,4	40,9	33,5	6,7	4,6	3,7	7,7	26,5	36,3
12	$N_{90}P_{40}K_{80}$	35,7	27,9	48,3	37,3	10,5	8,4	5,0	9,3	27,3	36,1
13	$P_{20}K_{40}$	27,8	23,6	34,2	28,5	1,7	-	2,8	-	20,5	36,0
14	$N_{30}P_{20}K_{40}$	31,1	27,7	39,8	32,9	6,1	3,7	6,7	1,2	22,4	36,5
15	$N_{60}P_{20}K_{40}$	33,4	28,2	43,4	35,0	8,2	5,8	6,8	9,7	24,2	35,9
	HCP ₀₅	4,4	6,5	3,7	2,8						

Таблица 2. Влияние систем удобрений на содержание белка в зерне овса (1998-2000 гг.)

№ вар.	Белок, %				Сбор белка, ц/га			
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Среднее	1998 г.	1999 г.	2000 г.	Среднее
1	4.9	7.8	4.3	5.7	2.0	2.5	2.8	2.4
2	5.8	7.7	5.5	6.3	2.2	2.8	4.2	3.1
3	7.0	8.9	7.5	7.8	3.3	3.2	7.0	4.5
4	7.2	8.7	6.9	7.6	3.6	3.0	7.9	4.8
5	5.9	8.1	5.5	6.5	2.9	3.2	5.6	3.9
6	6.3	9.0	6.5	7.3	3.3	4.1	6.8	4.7
7	7.9	9.0	7.6	8.2	3.7	4.4	7.1	5.0
8	7.6	9.0	7.5	8.0	3.9	4.7	8.4	5.7
9	6.1	8.8	5.9	6.9	2.7	3.3	4.7	3.6
10	6.7	9.1	6.4	7.4	3.4	4.2	5.2	4.2
11	7.4	9.6	7.2	8.1	3.4	3.7	5.7	4.3
12	7.5	9.7	7.3	8.2	4.1	4.3	6.8	5.1
13	6.4	8.6	5.2	6.7	2.8	3.5	3.7	3.3
14	6.4	8.4	5.8	6.9	3.2	3.7	5.0	4.0
15	7.2	9.2	6.3	7.6	4.0	4.2	5.7	4.6
НСР ₀₅	1.1	1.0	1.5	0.7				

Таблица 3. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на содержание аминокислот в зерне овса, г/кг (среднее за 1998-1999 гг.)

№	Лизин	Метионин	Треонин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Гистидин	Аргинин	Аланин	Общая сумма незаменимых аминокислот	В том числе критических
1	3,11	1,33	2,91	5,27	4,49	7,28	5,26	1,57	6,03	6,0	43,3	7,4
2	3,4	2,97	3,19	5,69	4,79	7,73	5,68	1,76	6,46	6,33	48,0	9,6
3	3,62	1,58	3,46	5,97	5,0	8,02	6,00	1,93	6,75	6,64	49,0	8,7
4	3,5	1,57	3,32	5,87	4,93	7,9	5,9	1,89	6,63	6,53	48,0	8,4
5	3,4	1,51	3,16	5,71	4,83	7,72	5,72	1,78	6,44	6,33	46,6	8,0
6	3,62	1,61	3,45	5,99	4,98	7,99	5,94	1,93	6,72	6,62	48,9	8,7
7	3,85	1,71	3,66	6,32	5,21	8,34	6,27	2,09	7,1	6,93	51,5	9,2
8	3,62	1,62	3,43	6,02	5,06	8,09	6,05	1,97	6,81	6,68	49,4	8,7
9	3,47	1,51	3,22	5,75	4,83	7,78	5,75	1,8	6,5	6,39	47,0	8,3
10	3,62	1,6	3,43	6,01	5,01	8,05	6,03	1,95	6,79	6,66	49,2	8,7
11	3,71	1,66	3,56	6,13	5,09	8,14	6,12	2,03	6,9	6,77	50,1	8,9
12	3,6	1,61	3,41	5,99	5,05	8,06	6,03	1,96	6,78	6,64	49,1	8,6
13	3,5	1,51	3,32	5,82	4,92	7,88	5,84	1,85	6,56	6,49	47,7	8,3
14	3,57	1,54	3,38	5,94	4,95	7,95	5,97	1,9	6,73	6,59	48,5	8,5
15	3,64	1,62	3,45	6,04	5,03	8,07	6,06	1,97	6,8	6,7	49,4	8,7

чении белка и азотистых веществ.

В варианте без удобрений среднее содержание белка за 3 года составило 5,7%, при применении фосфорно-калийных удобрений – 6,5-6,9, азотных – 6,9-8,2% (азотные удобрения повышали содержание белка в зерне овса на 0,9-1,7% по отношению к фосфорно-калийным фонам, влияние фосфорных и калийных удобрений на содержание белка было менее выраженным). Необходимо отметить, что увеличение дозы от N_{60} до N_{90} не оказывало существенного влияния на данный показатель.

Важным признаком качества является сбор белка, который в наших исследованиях повышался с увеличением доз удобрений. Наибольшее влияние в этом оказывали азотные удобрения. Причем максимальный сбор белка наблюдался при дозе азота N_{90} (для вариантов: $N_{90}P_{70}K_{120}$ – 5,1 ц/га и $N_{90}P_{40}K_{80}$ – 5,7 ц/га в среднем за 3 года исследований), которая вносилась дробно (N_{60} весной под предпосевную культивацию и N_{30} в подкормку в фазу кущения), РК – удобрения также способствовали увеличению сбора белка (табл. 2).

Наряду с содержанием белка важным показателем качества зерна овса является наличие в нем незаменимых аминокислот (табл. 3).

Как показывают полученные данные, увеличение доз и соотношений минеральных удобрений повышало содержание аминокислот в зерне. Сумма незаменимых аминокислот возрастала с 43,3 г/кг зерна в контрольном варианте до 51,5 г/кг в варианте $N_{60}P_{70}K_{120}$ в среднем за 3 года исследований. Наибольшее влияние на содержание аминокислот оказывали азотные удобрения (0-90 кг/га д. в.), причем максимальное количество аминокислот в зерне наблюдалось при дозе N_{60} – 50,1-51,5 г/кг зерна. Доза N_{90} в наших исследованиях несколько снижала наличие незаменимых аминокислот.

Содержание критических аминокислот (лизин, метионин, треонин) также повышалось с применением минеральных удобрений. Сумма критических аминокислот возрастала с 7,35 г/кг зерна (в контрольном варианте) до 9,22 г/кг зерна (в варианте $N_{60}P_{70}K_{120}$). Азотные удобрения увеличивали содержание критических аминокислот в зерне, причем предельная доза азота составила N_{60} . Дальнейшее повышение дозы снижало количество критических аминокислот. Максимальное значение суммы критических аминокислот (9,56 г/кг зерна) получено в варианте с последствием органических удобрений, внесенных в количестве 70 т/га под предшествующую культуру.

Важным показателем также является содержание лизина, так как данная аминокислота лимитирует биологическую ценность белка овса. Его количество возрастало под влиянием применяемых минеральных удобрений и

климатических условий. В засушливом 1999 г. содержание лизина (3,30-3,96 г/кг) было выше, чем во влажном 1998 г. (2,92-3,8 г/кг). Наибольшее влияние на содержание лизина оказали азотные удобрения (предельная доза – N_{60}). В наших исследованиях в 1998 г. при применении системы удобрения с поддерживающим балансом фосфора и калия все дозы азота (30-60-90) увеличивали количество лизина в зерне, а фосфорно-калийные удобрения – снижали.

В оптимальном по урожайности варианте ($N_{90}P_{70}K_{120}$) содержание незаменимых аминокислот составило 49,1 г/кг, в том числе критических – 8,6 г/кг.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать заключение, что наиболее эффективной системой удобрения овса является применение $N_{60+30}P_{40}K_{80}$ на фоне последствия органических удобрений (70 т/га), которая обеспечивала получение урожайности зерна в среднем за 3 года исследований 37,3 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 5,0 кг зерна, а 1 кг азота – 9,3 кг зерна. При указанных дозах удобрений формировалось достаточно высокое качество зерна: содержание белка – 8,2% (максимальное в опыте), незаменимых аминокислот – 49,1, критических – 8,6 г/кг.

Литература

1. Горпинченко Т., Аниканова З. Качество зерна продовольственного назначения // Хлебопродукты. – 1996. – № 6. – С. 11-15.
2. Низова Г.К. Витамины V_1 , V_2 и белковость зерна у сортов пленчатого овса (*A. sativa*) различного происхождения // Науч.-техн. бюл. / ВИР. – 1985. – Т. 149. – С. 18-23.
3. Культурная флора: Овес / Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов. – Москва: Колос, 1994. – Т. 2. – Ч. 3. – 367 с.
4. Осин А.Е. Зерновые культуры в Белоруссии (опыт получения высоких урожаев). – Ленинград: Колос, 1978. – 151 с.
5. Детковская Л.П., Лимантова Е.М. Влияние удобрений на урожай и качество зерна. – Минск: Ураджай, 1987. – 135 с.
6. Андреев А.С., Архипенко В.В., Богдевич И.М. Интенсивная технология возделывания зерновых колосовых культур. – Минск: Ураджай, 1986. – 151 с.
7. Система удобрения сельскохозяйственных культур: Рекомендации / БелНИИПА. – Минск, 1997. – 17 с.
8. Ресурсосберегающая система удобрения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах: Рекомендации / М-во с. х. и прод. РБ, ААН РБ, Междунар. ин-т калия, Ин-т почв. и агрохим. ААН РБ. – Минск, 2001. – 18 с.