

УДК [633.11'324:631.84](470.621)

ББК 42.112

Д-25

Девтерова Наталья Ильинична, старший научный сотрудник ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ»; e-mail: gnufniish@mail.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ И ДОЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
ПОД ПШЕНИЦУ ОЗИМУЮ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ
АДЫГЕИ**
(рецензирована)

Показано, что в условиях южно-предгорной зоны Адыгеи, на черноземах выщелоченных слитых под пшеницу озимую, возделываемую после кукурузы, суммарную дозу азота целесообразно вносить в фазу возобновления весенней вегетации и в фазу начала трубкования в дозах по 0:60:60 ц/га, а по предшест-веннику подсолнечник – при посеве, в весеннее возобновление вегетации и начало трубкования в дозах по 30:60:30 ц/га.

***Ключевые слова:** пшеница озимая, дозы азота, срок внесения, симплекс – решетка, корреляционное зондирование, оптимум парных отношений, урожай-ность, корреляция, регрессия.*

Devterova Natalia Ilinichna, a senior researcher of FSBSI “Adygh SRIS”; e-mail: gnufniish@mail.ru

**OPTIMIZATION OF TERMS AND DOSES OF USING NITROGEN
FERTILIZERS UNDER WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS
OF THE SOUTH FOOTHILL ZONE OF ADYGEA**
(reviewed)

It is shown that in the conditions of the southern foothill zone of Adygea, on the leached chernozems under winter wheat cultivated after corn, it is expedient to add the total nitrogen dose to the phase of spring vegetation renewal and to the phase of the beginning of booting in doses at 0:60:60 c / ha, and for the predecessor of sunflower - during sowing, in the spring resumption of vegetation and the beginning of booting in doses at 30:60:30 c / ha.

***Key words:** winter wheat, nitrogen doses, application time, simplex – lattice design, correlation probing, optimal pair relations, yield, correlation, regression.*

В Республике Адыгея азотные удобрения на посевах пшеницы озимой вносят в большинстве хозяйств в период возобновления весенней вегетации с нормой внесения около 60 кг азота на гектар.

В условиях Кубани рекомендовано внесение азотных удобрений весной с нормами, определенными по результатам почвенной диагностики и в фазу трубкования пшеницы озимой с нормой внесения, устанавливаемой по результатам растительной диагностики [8].

В различных регионах рекомендованы разные сроки внесения азотных удобрений под пшеницу озимую: в качестве основного внесения перед посевом [5], в период осеннего кущения [11], в начале возобновления весенней вегетации [7, 9] или дробное внесение до посева и весной [1, 4], до посева, весной и в фазе колошения [4].

При несвоевременном внесении азота в почву, когда сроки применения удобрений не совпадают с потреблением этого элемента растениями, потери могут составлять 20-30%, иногда 60% от всего внесенного азота [10, 2]. Это свидетельствует о важности установления сроков внесения азотных удобрений под озимые культуры, особенно в условиях интенсивного выпадения осадков в осенне-зимний период в Республике Адыгея.

Цель исследований: установить оптимальные сроки и нормы применения аммиачной селитры под пшеницу озимую, обеспечивающие эффективность по урожайности зерна и по показателям его качества.

Методика проведения полевых исследований. Исследования проводили в полевом опыте на базе стационара опытных подразделений Адыгейского НИИСХ (1995-2009 гг.), почвы опытного участка черноземы слитые выщелоченные сверхмощные малогумусные тяжелого глинистого механического состава.

Опыты проводили с пшеницей озимой сорта «Горянка», возделываемой по кукурузе на зеленый корм и подсолнечнику: на не удобренном и удобренном (P₉₀K₆₀) фонах.

В опыте использовали поверхностную обработку почвы под посев – тяжелой дисковой бороной. Фосфорно-калийные удобрения P₉₀K₆₀ вносили перед основной обработкой почвы, азотное удобрение применяли согласно принятой схеме опыта. Площадь делянки 4 м² (2x2), учетная площадь 1 м².

Для нахождения тройного соотношения доз азота по срокам использовали метод симплекс решетчатого планирования [6]. Во всех вариантах опыта удобрение вносили в одинаковой суммарной дозе, но при разных соотношениях доз азота по срокам. Суммарную дозу азота, рекомендуемую для данной культуры (120 кг/га) дробили между тремя сроками в разных соотношениях.

Из схемы видно, что азот на 0 уровне в первом сроке на 1-5 вариантах, во втором сроке внесения на 5-9 вариантах, и в третьем сроке азот не вносили на 1 и 9-12 вариантах.

Схема опыта по внесению аммиачной селитры на посевах пшеницы озимой

Варианты опыта	Нормы азота по срокам внесения в кг/га /%		
	Перед посевом I	Весеннее возобновление вегетации II	Трубкавание III
1	0/0	120/100	0/0
2	0/0	90/75	30/25
3	0/0	60/50	60/50
4	0/0	30/25	90/75
5	0/0	0/0	120/100
6	30/25	0/0	90/75
7	60/50	0/0	60/50
8	90/75	0/0	30/25
9	120/100	0/0	0/0
10	90/75	30/25	0/0
11	60/50	60/50	0/0
12	30/25	90/75	0/0

При испытании трех факторов – долей суммарной дозы азота, вносимых в три срока, использовали симплекс-решетку, представляющую собой равносторонний треугольник Гиббса (факторное пространство), каждая из вершин которого соответствует 100% азота, вносимого соответственно в первый (посев), второй (весеннее возобновление вегетации) и третий (начало трубкования) сроки, а противоположные стороны треугольника – 0% в данном сроке. Любая точка внутри треугольника отражает тройное соотношение (пропорции) этих долей, сумма которых равна 100%. В наших исследованиях помимо метода симплекс решетчатого планирования использовали метод корреляционного зондирования [3], который также позволяет установить и оптимальную кратность внесения азотных удобрений, и оптимальное распределение его общей нормы между сроками внесения.

Вкратце сущность метода корреляционного зондирования состоит в нахождении оптимальной зоны соотношений доз азота между тремя сроками внесения с одной стороны и урожаями, полученными в них – с другой (путем расчета коэффициентов корреляции).

Результаты исследований. Общий уровень урожайности пшеницы озимой по обоим предшественникам приблизительно одинаков – 36,1 ц/га по подсолнечнику и 35,3 ц/га по кукурузе на зеленый корм. Средняя прибавка урожайности по обоим предшественникам составил приблизительно 4,9 ц/га. Прибавки урожая являются значимыми за исключением некоторых вариантов.

Данные урожайности пшеницы озимой после кукурузы на зеленый корм свидетельствуют о том, что оптимумы парных отношений оказались следующими: 25:0:75; 25:75:0; 0:50:50, что соответствует вариантам 6, 12, 3 (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние азотных удобрений в зависимости от сроков и доз их внесения на урожайность зерна пшеницы озимой

Варианты	Урожайность средняя в ц/га					
	по кукурузе на зеленый корм			по подсолнечнику		
	P ₉₀ K ₆₀	по неудобр. фону	прибавки	P ₉₀ K ₆₀	по неудобр. фону	прибавки
1	40,6	29,5	11,1	31,9	29,0	2,9
2	33,7	29,9	3,8	40,8	34,4	6,4
3	35,7	32,7	3,0	40,0	33,3	6,7
4	35,0	30,0	5,0	31,1	24,2	6,9
5	24,3	23,7	0,6	36,4	34,9	1,5
6	41,2	34,5	6,7	28,6	26,2	2,4
7	33,5	32,5	1,0	39,7	34,6	5,1
8	32,3	27,5	4,8	34,8	29,4	5,4
9	33,9	33,9	0,0	39,2	33,8	5,4
10	37,5	31,8	5,7	37,2	31,1	6,1
11	36,0	24,5	11,5	39,3	30,4	8,9
12	39,7	34,7	5,0	34,2	33,2	1,0
средняя	35,3	30,4	4,85	36,1	31,2	4,89
НСР ₀₅	2,9	2,3		2,5	2,2	

Оптimum соотношений, найденный методом корреляционного зондирования составил: 14:43:43%, что в кг на гектар составляет 16,8:51,6:51,6 кг/га. Внесение дозы азота менее 20 кг/га в тот или иной срок нецелесообразно с хозяйственной точки зрения. В тоже время максимальные дозы азота при подкормках не должны превышать 60 кг/га, т.к. при дальнейшем возрастании дозы азота наблюдается существенное снижение влияния туков на урожайность, поэтому полученное оптимальное соотношение целесообразно округлить 0:60:60 кг/га.

Данные урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику свидетельствуют о том, что (табл. 1) оптимумы парных отношений таковы: 50:0:50; 50:50:0; 0:75:25, что соответствует 7, 11, 2 вариантам.

Оптimum соотношений доз азота по срокам внесения для пшеницы озимой по подсолнечнику найденный методом корреляционного зондирования составил 30:50:20%, что в кг/га составляет соответственно 36:60:24 кг/га в I, II и III сроках, при округлении 30:60:30 кг/га.

Экспериментальные данные пшеницы озимой оценивались с помощью коэффициента корреляции, который является критерием, определяющим степень зависимости одного параметра от другого и квадрата корреляционных отношений, который показывает, какая доля полной изменчивости урожайности объясняется эффектом дробного внесения азотного удобрения.

Корреляционный анализ урожайности пшеницы озимой по кукурузе на зеленый корм по срокам внесения показал (табл. 2) слабую зависимость урожайности от внесения азота в первый срок – перед посевом, $r = 0,01$. Во втором сроке возобновления вегетации весной обнаруживается прямая связь между дозами азота и урожайности $r = 0,475$, что означает значительную степень зависимости. В третьем сроке отрицательная корреляция $r = -0,354$, что означает значительную обратную связь.

Таблица 2 – Зависимость урожайности пшеницы озимой «Горянка» по предшественнику кукурузе на зеленый корм от доз азота по срокам внесения

Срок внесения	Уравнение регрессии: $y = \bar{y} + b_{yx}(X - \bar{X})$	r	R ²	tr _φ
I	–	0,01	0,001	0,03
II	35,28 + 0,049X – 1,96	0,475	0,225	1,7
III	33,8 + (-0,037)X + 1,48	-0,354	0,125	-1,22

Примечание: r – коэффициент корреляции; R² – коэффициент детерминации; tr_φ – критерий значимости

Величины коэффициентов r и R² свидетельствуют о том, что урожайность пшеницы озимой наиболее тесно связана с внесением азотных удобрений во второй срок. Величина коэффициента детерминации свидетельствует о том, что около 23% полной изменчивости урожайности объясняется эффектом дробности внесения азота во второй срок.

Корреляционный анализ урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику по срокам внесения показал (табл. 3) слабую степень значимости по всем срокам. Величины критерия значимости свидетельствуют о несущественности связей:

- I срок tr_φ < tr_τ 1,1 < 2,23 (табл.)
- II срок tr_φ < tr_τ 0,09 < 2,23

III срок $tr_{\phi} < tr_{\tau}$ $-1,2 < 2,23$

Использование регрессивного анализа и уравнений интерполяции позволило рассчитать урожайности для промежуточных вариантов с шагом N_{15} д.в. кг/га и с помощью квадрата корреляционных отношений показать, какая доля полной изменчивости урожайности объясняется эффектом дробности внесения азотного удобрения.

Таблица 3 – Зависимость урожайности пшеницы озимой «Горянка» по предшественнику подсолнечник от доз азота по срокам внесения

Срок внесения	Уравнение регрессии: $y = \bar{y} + b_{yx} (X - \bar{X})$	r	R ²	tr _φ
I	$36,1 + 0,024X - 0,96$	0,33	0,11	1,107
II	$36,1 + 0,003X - 0,12$	0,03	0,001	0,094
III	$34,9 + 0,03X$	-0,36	0,129	-1,22

Интерполяционные формулы урожайности пшеницы озимой по кукурузе на зеленый корм во второй срок внесения (пример).

II срок

$$35,28 + 0,049X - 1,96$$

$$r 0,475; R^2 0,225; tr_{\phi} 1,7$$

Шаг N_{15} кг/га д.в.: 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120.

$$35,28 + 0,049 \times 30 - 1,96 = 34,8$$

$$35,28 + 0,049 \times 45 - 1,96 = 35,5$$

$$35,28 + 0,049 \times 60 - 1,96 = 36,3$$

$$35,28 + 0,049 \times 75 - 1,96 = 37,0$$

$$35,28 + 0,049 \times 90 - 1,96 = 37,7$$

$$35,28 + 0,049 \times 105 - 1,96 = 38,5$$

$$35,28 + 0,049 \times 120 - 1,96 = 39,2$$

При необходимости линию урожайности можно изобразить графически.

Исследования показали, что высокие дозы азота, вносимые в поздние подкормки, работают не на урожай, а на качество зерна. В наших исследованиях зерно пшеницы озимой по предшественнику подсолнечник характеризуется более высокой массой 1000 зерен и натурой зерна по сравнению с зерном пшеницы озимой по кукурузе на зеленый корм как на удобренном, так и на не удобренном фонах.

Таким образом, экспериментальные данные, полученные в результате исследований, свидетельствуют об эффективности дробного внесения аммиачной селитры под пшеницу озимую:

- по предшественнику кукурузе на зеленый корм во второй (фаза возобновления весенней вегетации) и третий (фаза начала трубкования) сроки – 0:60:60 ц/га;

- по предшественнику подсолнечник в первый (при посеве), во второй (весеннее возобновление вегетации) и третий (начало трубкования) сроки по 30:60:30 ц/га соответственно.

Литература:

1. Витриховский П.И., Бойко Г.И., Луговская Е.Я. Влияние азотных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы в зависимости от фосфорно-калийного питания // Агрехимия. 1980. №6. С. 3-11.

2. Баланс азота при выращивании озимой пшеницы по интенсивной тех-нологии в условиях Полесья Украины / Витриховский П.И. [и др.] // Агрохимия. 1989. №5. С. 3-11.
3. Вахмистров Д.Б., Смирнова В.В. Применение метода корреляционного зонда для оптимизации сроков внесения под озимую пшеницу // Агрохимия. 1991. №10. С. 18-28.
4. Гармашов В.Н., Калус Ю.А., Селиванов А.Н. Влияние разового и дроб-ного применения азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы // Агро-химия. 1985. №11. С. 9-12.
5. Эффективность минеральных удобрений в зависимости от сроков и способов их внесения под озимую пшеницу в разных почвенно-климатических зонах Украины / Дуда Г.Г. [и др.] // Труды ВИУА. 1985. №16. С. 106-115.
6. Дуда Г.Г., Егоршин А.А. Применение симплекс решетчатого планирования для изучения проблемы оптимизации внесения азотных удобрений при интенсив-ной технологии возделывания озимой пшеницы // Агрохимия. 1988. №8. С. 115-121.
7. Кореньков Т.А., Руделев Е.В., Филимонов Д.А. Трансформация и использование азота N-озимой пшеницей в зависимости от сроков его внесения // Агрохимия. 1985. №10. С. 3-10.
8. Подкормка озимой пшеницы по экологически чистой технологии: рекомендации // КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко; Краснодарский НИИ агрохимии и почвоведения. Краснодар, 1991. 10 с.
9. Сорокин А.И., Гольдварг Б.А., Аникст Д.М. Влияние азотной подкормки на урожай озимой пшеницы в Калмыкии // Агрохимия. 1988. №12. С. 10-12.
10. Смирнов П.М., Кидин В.В., Ионова О.Н. Превращение меченого азота удобрений в почве в зависимости от доз и сроков их внесения // Известия ТСХА. 1980. №5. С. 65-70.
11. Якименко А.С. Применение азотных удобрений при выращивании ози-мой пшеницы в условиях юго-западной части лесостепи Украины // Агрохимия. 1990. №2. С. 12-14.

Literature:

1. Vitrykhovsky P.I., Boyko G.I., Lugovskaya E.Ya. Effect of nitrogen fertilizers on yield and quality of winter wheat depending on the phosphorus potassium supply // Agrochemistry. 1980. № 6. P. 3-11.
2. Nitrogen balance in the cultivation of winter wheat by intensive technology in the Ukraine Polesye / Vitrykhovsky P.I. [and others] // Agrochemistry. 1989. №5. P. 3-11.
3. Vakhmistrov D.B., Smirnova V.V. Application of the correlation probe method to optimize timing of application for winter wheat // Agrochemistry. 1991. №10. P. 18-28.
4. Garmashov V.N., Kalus Yu.A., Selivanov A.N. Influence of one-time and fractional application of nitrogen fertilizers on winter wheat grain yield // Agrochemistry. 1985. № 11. P. 9-12.
5. Efficiency of mineral fertilizers depending on timing and methods of their application for winter wheat in different soil and climatic zones of Ukraine / Duda G.G. [and others] // Proceedings of VIUA. 1985. № 16. P. 106-115.
6. Duda G.G., Egorshin A.A. Application of the simplex lattice planning for the study of optimization of nitrogen fertilizers application in intensive technology of cultivation of winter wheat // Agrochemistry. 1988. № 8. P. 115-121.
7. Korenkov T.A., Rudelev E.V., Filimonov D.A. Transformation and use of nitrogen by N-winter wheat depending on timing of its introduction // Agrochemistry. 1985. № 10. P. 3-10.
8. Nutrition of winter wheat using environmentally friendly technology: recommendations

// KSRIA named after P.P. Lukyanenko; Krasnodar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science. Krasnodar, 1991. 10 p.

9. Sorokin A.I., Goldvarg B.A., Anikst D.M. *Influence of nitrogen fertilizing on the yield of winter wheat in Kalmykia // Agrochemistry. 1988. № 12. P. 10-12.*

10. Smirnov P.M., Kidin V.V., Ionova O.N. *Transformation of labeled nitrogen fertilizers in the soil depending on the doses and timing of their application// Proceedings of TSAA. 1980. № 5. P. 65-70.*

11. Yakimenko A.S. *Application of nitrogen fertilizers in the cultivation of winter wheat in the southwestern part of the forest-steppe of Ukraine // Agrochemistry. 1990. № 2. P. 12-14.*