УДК: 631.112.1 «321»: 631.82: 6311.524: 551.58 (470.56)

Сандакова Г.Н., Елисеев В.И.
Оренбургский НИИ сельского хозяйства
E-mail: orniish@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Природно-климатические и почвенные условия Оренбургской области благоприятны для получения зерна твердой пшеницы с высоким содержанием белка. Колебания погоды приводят к высокой вариабельности белка по годам. В связи с этим ведется постоянный поиск агротехнических приемов возделывания, обеспечивающих повышение его содержания. Большое значение придаётся улучшению условий питания яровой твердой пшеницы путём применения минеральных удобрений. Проведенные ранее исследования проводились на базе краткосрочных опытов. Выявление эффективности влияния различных видов, доз и сочетаний элементов минерального питания на содержание белка яровой твердой пшеницы в многолетнем стационарном опыте с учетом особенностей погодных условий данной территории является актуальным на сегодняшний день.

За основу исследования были взяты многолетние (1974–2013 гг.) экспериментальные данные по содержанию белка в зерне яровой твердой пшеницы, полученные в стационарном опыте с различными видами и дозами минеральных удобрений на почвах чернозема обыкновенного центральной зоны области, и агрометеорологические данные за тот же период времени. Была проведена группировка условий вегетации яровой твердой пшеницы по величине гидротермического коэффициента (ГТК). Влияние погодных факторов на эффективность различных элементов минерального питания оценивалось по вероятности получения высококлассного белка по каждой группе лет. Оценка связей белка с погодными факторами и элементами минерального питания проведена с использованием методов математического моделирования.

Получены математические регрессионные модели влияния погодных факторов и элементов минерального питания на содержание белка яровой твердой пшеницы, выявлены их количественные значения, определяющие формирование высокобелкового зерна и эффективность внедряемых удобрений.

Ключевые слова: твердая пшеница, белок, погода, минеральные удобрения, регрессионная модель.

Введение

Увеличение производства растительного белка для удовлетворения потребностей растущего населения планеты является одной из наиболее острых проблем нашего времени [1].

Важнейшим источником растительного белка в питании человека является пшеница. Яровую твердую пшеницу возделывают в основном в засушливых степях Поволжья, Южного Урала и Сибири, где она дает зерно с высоким содержанием белка.

Особенности почв, характер выпадающих осадков, их ограниченность, температурный режим во время налива и созревания зерна являются основными факторами формирования высококачественного зерна твердой пшеницы [2].

Достоинства зерна твердой пшеницы определяются повышенной стекловидностью, высоким содержанием хорошо сбалансированного белка, она является незаменимым сырьем для макаронной и крупяной промышленности, кондитерских изделий и продуктов детского питания [3], [4].

Производство твердой пшеницы в Оренбургской области осуществляется в контрастных погодных условиях, что приводит к высокой вариабельности белка по годам, в последние годы наметилась устойчивая тенденция снижения содержания белка в области [5].

Известно, что содержание белка в зерне пшеницы зависит от сорта, природно-климатических условий и агротехнических мероприятий [6] – [11].

В связи с этим большое значение приобретает учет особенностей погодных условий данной территории и повышение эффективности внедряемых агротехнических мероприятий, в частности условий питания путем применения минеральных удобрений.

К настоящему времени в стране накоплен значительный экспериментальный материал, свидетельствующий о большом влиянии удобрений на белок зерна пшеницы [12]–[15]. Выявлено, что действие удобрений на урожай и качество зерна значительно повышается, если дозы и соотношения питательных элементов увязывают с условиями выращивания пшеницы:

плодородием почвы, особенностями климата, комплексом агротехнических и мелиоративных мероприятий. В Оренбургской области данная проблема изучена недостаточно, все результаты исследований получены в краткосрочных опытах [16]–[18].

Решить поставленную проблему возможно лишь с помощью длительных стационарных опытов, которые ведутся в центральной зоне области с 1972 года и по настоящее время, на основе точного расчета с применением математического моделирования и вычислительной техники. В области имеются единичные работы по изучению влияния погодных условий на содержание белка яровой твердой пшеницы с применением методов математического моделирования и совместного влияния погодных факторов и агротехнических приемов возделывания, в частности минерального питания, на белок яровой твердой пшеницы [19].

Цель исследований заключалась в выявление наиболее оптимальных параметров погодных условий и фонов минеральных удобрений, способствующих формированию высокобелкового зерна яровой твердой пшеницы.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на многолетнем (1974–2013 гг.) стационаре с удобрениями в пятипольном зернопаровом севообороте по схеме:

1.Без удобрений (контроль)
2.N40P40
3.N40K20
4.P40K20
5.N40P40K20
6.N80P80K40
7. N20P20K10
8. N80P40K20
9. N40P80K20
10. N80P260K140

Чередование культур в севообороте: пар, озимая рожь, яровая твердая пшеница, просо, яровая мягкая пшеница.

Почвы – обыкновенный среднемощный, тяжелосуглинистый чернозем с содержанием 4,7–5,5% гумуса в слое 0–30 см, подвижного фосфора – 2,3–2,8 мг, обменного калия – 26,7–38,4 мг на 100 г почвы. Повторность вариантов четырехкратная, общая площадь делянки – 450 м^2 (7,5×60 м), учетная – 300 м^2. Под вспашку вносились мочевина, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий.

Агротехника в опыте – общепринятая для центральной зоны области.

Наблюдения и исследования проводились по методике Б.А. Доспехова и другим методикам, принятым в агрохимии [20].

Для исследований были привлечены агрометеорологические данные Оренбургского областного центра по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за тот же период времени.

Влагообеспеченность вегетационного периода (ГТК) определяли по методике Г.Т. Селянинова [21].

Связь белка с погодными факторами и удобрениями осуществляли методом нелинейного корреляционного и множественного регрессионного анализов на ПЭВМ с помощью прикладных программ Exsel и Statistika.

Результаты исследований

Формирование белка яровой твердой пшеницы в центральной зоне области в основном проходило в условиях засушливых– 28% лет (ГТК= 0,71) и очень засушливых– 48% лет (ГТК= 0,41ед.) [22].

Колебания погоды привели к вариабельности (V=19,14%) содержания белка по годам, при среднемноголетнем его значении на контроле 13,88± 2,66%, белок изменялся от 9,70% во влажном 1994 г. (ГТК = 1,30) до 18,30% в засушливом 1983 году (ГТК=0,65 ед.). На удобренном фоне среднемноголетнее содержание белка в различные по погодным условиям годы составило 14,87±2,42%, превышение над контролем наблюдалось на всех фонах питания.

Среди изученных фонов минерального питания наибольшим содержанием белка выделились варианты с двойной дозой азота: N80P260K140 (15,29%), N80P40K20 (15,22%), N80P80K40 (15,14%), превышение над контролем составило 1,41; 1,34; 1,25% соответственно. Варианты удобрений с одинарной дозой азота: N40K20 (14,89%); N40P40 (14,87%); N40P40K20 (14,70%); N40P80K20 (14,66%) обеспечили несколько меньшее превышение над контролем 1,01; 0,99; 0,82; 0,78%. При отсутствии азота на варианте парного сочетания

фосфора и калия Р40К20 содержание белка было самым низким – 14,06%, а прибавка к контролю составила 0,18%.

Оценка качества зерна яровой твердой пшеницы по содержанию белка согласно требованиям ГОСТа Р 52554-2006 (табл. 1) показывает, что за 33 года исследований все варианты с внесением удобрений повысили вероятность получения высококлассного зерна по сравнению с контролем. Особенно выделились варианты с двойной дозой азота: N80P80K40; N80P40K20; N80P260K140 вероятность получения белка 1 класса (13,5% и более) составила 81, 84 и 87% лет соответственно.

Варианты удобрений с одинарной дозой азота: N40K20; N40P80K20; N40P40; N40P40K20, а также с половинной дозой питательных веществ N20P20K10 обеспечили получение зерна 1 класса в 68, 68, 65, 63% лет соответственно.

Меньшая вероятность получить высококлассное зерно 1 класса характерна для варианта без азота на фоне парных сочетаний фосфора и калия Р40К20 (52% лет).

В годы очень сильных засух (1975, 1981, 1988, 1995, 1998, 2010), на которые пришлось 18% лет, вероятность формирования белка 1 и 2 классов составила 90% случаев. В годы сильных засух (1984, 1991, 2009, 2013) (12% лет) высококлассное зерно 1 и 2 классов формировалось в 75% случаев.

В засушливые (1976, 1979, 1983, 1985, 1989) годы при гидротермическом коэффициенте (ГТК) за период вегетации равном 0,6-0,8 ед. и в незначительно засушливые (1974, 1978, 1982, 1986, 2003,2 004) годы при ГТК = 0,8–1,0 ед. наблюдалась наибольшая вероятность (96–97% случаев) формирования белка 1и 2 класса.

Во влажные (1990, 1994,2000) годы при ГТК>1,0 ед. наблюдалась наименьшая вероятность получения высококлассного зерна – 46% случаев, в эти годы в 37% случаев формируется белок 4 класса.

В годы очень сильных и сильных засух наблюдался повышенный температурный режим воздуха на протяжении всего периода вегетации (посев-полная спелость). Средние и максимальные температуры в среднем за весь период вегетации в такие годы превысили среднемноголетние (19,31±1,46 и 27,10±2,89^{0}С) и составили соответственно 21,13±1,49 и 29,44 ±1,83^0 С., в 2010 году они повышались до 23,92 и 35,72^{0}С. Аномально высокая температура в 2009, 2010, 2013 годах привела к ухудшению условий налива и созревания зерна, что сопровождалось снижением содержания белка.

Осадков за период вегетации яровой твердой пшеницы (посев-полная спелость) в годы очень сильных и сильных засух выпало 38 мм и 82 мм соответственно, что составило 32 и 70% среднемноголетних (119±63 мм).

Гидротермический коэффициент за период вегетации имел очень низкие значения (ГТК=0,20 и 0,56 ед. соответственно) и характеризовал годы как очень засушливые.

Годы с большей влагообеспеченностью (ГТК>1,0): 1990 (ГТК=1,16); 1994 (ГТК=1,30); 2000 (ГТК=1,34ед.) характеризовались пониженным температурным режимом за период

Таблица 1. Классность зерна яровой твердой пшеницы по содержанию белка (ГОСТ Р 52554-2006) при выращивании на фоне различных доз минеральных удобрений в центральной зоне Оренбургской области (1974–2013 гг.)

№ п/п	Доза удобрения, кг д.в. На 1 га	Вероятность класса, случаев / %				
		1	2	3	4	5
1	Контроль	15/48	4/13	6/19	6/16	0,0
2	N40P40	20/65	7/23	3/10	1/3	0,0
3	N40K20	21/68	7/23	2/6	1/3	0,0
4	P40K20	16/52	6/19	5/16	4/13	0,0
5	N40P40K20	19/63	9/30	1/3	1/3	0,0
6	N80P80K40	25/81	5/16	0/0	1/3	0,0
7	N20P20K20	20/65	8/26	1/3	2/6	0,0
8	N80P40K20	26/84	4/13	0/0	1/3	0,0
9	N40P80K20	21/68	6/19	2/6	2/6	0,0
10	N80P260K140	27/87	3/10	0/0	1/3	0,0
Всего: случаев /%		210/68	59/20	20/6	20/6	0,0

вегетации: 18,58; 16,81; 18,24^{0}С соответственно при среднемноголетней 19,31^{0}С и повышенным количеством осадков: 223; 244 и 232мм соответственно при среднемноголетнем 119 мм.

В связи с этим, важно было оценить роль погодных факторов в формировании белка, выявить их параметры и найти величины, оптимальные для формирования высокого содержания белка в зерне яровой твердой пшеницы.

Поиск количественных связей белка с температурой воздуха методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа позволил получить математические (регрессионные) модели «температура – белок» яровой твердой пшеницы по периодам вегетации посев-колошение и колошение-полная спелость. Содержание белка брали на контроле, чтобы исключить влияние удобрений.

При рассмотрении связей белка с температурой воздуха установлено существование сильных зависимостей между этими факторами (η_{yx}=0,80-0,84), которые описываются уравнениями регрессии в 64-70% случаев.

Анализ полученных зависимостей (табл. 2) позволил выявить, что формированию белка 1 класса (13,5% и более) (теоретического) способствуют в первый период вегетации посев – колошение максимальная температура воздуха в пределах 22,54–30,41^{0}С, во второй период вегетации колошение-полная спелость – минимальная температура воздуха в пределах 13,24-16,80^{0}С.

Повышение максимальной температуры воздуха до 34,42^{0}С в первый период вегетации и снижение минимальной температуры до 9,00^{0}С во второй период вегетации способствуют формированию минимального содержания белка 10,11 и 11,23% соответственно.

Важно было оценить вклад осадков и запасов продуктивной влаги в почве в обеспечение белка, выявить их параметры и найти величины, оптимальные для формирования высокобелкового зерна яровой твердой пшеницы.

Результат моделированных связей показал сильную зависимость содержания белка (η_{yx}=0,75–0,74) от запасов продуктивной влаги к севу и на период колошения (табл. 3).

Анализ полученных зависимостей позволил выявить, что формированию белка 1 класса (13,5% и более) (теоретического) способствуют запасы продуктивной влаги к севу в пределах 134-176 мм, уменьшение их до 109 мм или увеличение до 182 мм приводит к снижению белка до 9,03 и 12,77% соответственно.

На период колошение-полная спелость запасы продуктивной влаги, обеспечивающие получение высокого белка, должны быть в пределах 11–106 мм, увеличение их до 153 мм приводит к снижению белка до 11,13%.

Получены регрессионные уравнения, описывающие в 58–65% случаев связь белка с суммарной влагой по периодам вегетации и в целом за период вегетации. Формированию белка 1 класса (13,5% и более) (теоретического) спо-

Таблица 2. Зависимость содержания белка яровой твердой пшеницы от температурного режима периода вегетации в центральной зоне Оренбургской области (1974–2013 гг.)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин (M ± G)	Коэфф. вариации, V,%	η_{yx}	F	
					факт.	теор.
1	2	3	4	5	6	7
Посев-колошение						
1	Максимальная температура воздуха, 0С (x_1)	21,86-34,42 26,15±3,18	12,16	-	-	-
2	белок,% (y_1)	11,70-15,70 13,91±1,25	9,02	0,80	2,13	1,82
У1 = -35,35 + 3,77 x_1 – 7,13Е-02 $(x_1)^2$ ±0,86%, для 64,00% случаев						
Колошение-полная спелость						
3	Минимальная температура воздуха, ^{0}С (x_2)	9,00-16,80 14,05±1,96	13,96	-	-	-
4	белок,% (y_2)	11,64-15,74 13,94±1,25	8,99	0,84	3,26	2,32
$У_2$ = 6,40 + 0,54 x_2 ±0,69%, для 70,46% случаев						

собствует суммарная влага в первом периоде вегетации в пределах 167–286 мм, во втором периоде вегетации – 39–124 мм и в целом за период вегетации – в пределах 178–330 мм. Дальнейшее уменьшение или увеличение суммарной влаги приводит к снижению белка.

Проведена оценка роли влагообеспеченности (по ГТК) в формировании белка. Поиск количественных связей белка с ГТК позволил выявить наличие сильной зависимости между этими факторами (η_{yx} =0,72), которая описывается уравнением регрессии в 52% случаев. Установлено, что ГТК в пределах 0,17–0,98 ед. В период вегетации твердой пшеницы способствует формированию белка 1 класса. Уменьшение ГТК до 0,08 ед. или увеличение до 1,34 ед. приводит к снижению белка до 12,97 и 10,60% соответственно.

Для выявления совместного влияния на содержание белка погодных факторов и удобрений был применен метод множественного регрессионного анализа.

Из уравнений множественной регрессии (табл. 4), описывающих совместное влияние

Таблица 3. Зависимость содержания белка яровой твердой пшеницы от влагообеспеченности периода вегетации в центральной зоне Оренбургской области (1974-2013 гг.)

№	Коррелируемые величины	Параметры величин (M ± G)	Коэфф. вариации, V,%	η_{yx}	F	
					факт.	теор.
1	2	3	4	5	6	7
Посев-колошение						
1	запас продуктивной влаги к севу, мм (x_1)	109-182 147±16,04	10,95	-	-	-
2	белок,% (y_1)	10,96-16,76 13,85±1,71	12,35	0,75	2,11	1,82
$У_1$ = -49,46 + 0,83 x_1 – 2,67E-03 $(x_1)^2$ ±1,18%, для 56,04% случаев						
3	сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_2)	148-331 221±47,34	21,45	-	-	-
4	белок,% (y_2)	10,16-16,00 13,88±1,22	8,84	0,76	2,23	1,82
$У_2$ = -1,23 + 0,14 x_2 – 3,11E-04 $(x_2)^2$ ±0,82%, для 58,36% случаев						
Колошение-полная спелость						
5	запас продуктивной влаги на период колошение-полная спелость, мм (x_3)	11-153 73±36,82	50,32	-	-	-
6	белок,% (y_3)	11,84-16,02 13,91±1,25	8,99	0,74	2,04	1,82
$У_3$ = 13,84 + 2,84 E-02x_3 – 3,02E-04 $(x_3)^2$ ±0,88%, для 54,47% случаев						
7	сумма запасов продуктивной влаги на период колошение – полная спелость и осадков за период колошение-полная спелость, мм (x_4)	39-220 116±51,24	44,12	-	-	-
8	белок,% (y_4)	12,58-17,35 13,98±1,39	9,96	0,80	2,73	1,80
$У_4$ = (12,37x_4/ (x_4 -10,02)) ±0,84%, для 64,66% случаев						
Посев-полная спелость						
9	сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-полная спелость, мм (x_5)	165-374 263±63,77	24,20	-	-	-
10	белок,% (y_5)	11,04-16,78 13,91±1,35	9,69	0,76	2,19	1,82
$У_5$ = -1,65 + 0,13 x_5 -2,56E-04 $(x_5)^2$ ±0,91%, для 57,67% случаев						
11	Гидротермический коэффициент, ед. (x_6)	0,08-1,34 0,64±0,33	52,23	-	-	-
12	белок,% (y_6)	9,56-16,14 13,86±1,42	10,22	0,72	1,96	1,82
$У_6$ = 12,39 + 7,85 x_6 -6,85$(x_6)^2$ ±1,01%, для 52,52% случаев						

Таблица 4. Регрессионные модели совместного влияния погодных факторов и минеральных удобрений на содержание белка яровой твердой пшеницы в период посев-колошение в центральной зоне Оренбургской области (1974–2013 гг.)

Независимая переменная	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	Т-значение	Уровень значимости	ß - коэффициент
Посев-колошение					
свободный член	-3,42	1,53	-2,23	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,49	0,78	-8,28	0,00	-1,07
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,03	8,08	0,00	0,43
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,72	0,00	0,79
контроль (без удобрения) (x_4)	-0,96	0,38	-2,52	0,01	-0,12
$У_1 = -3,42 – 6,49x_1 + 0,22x_2 + 0,04\ x_3 – 0,96\ x_4$ (контроль) ± 1,96%					
свободный член	-3,53	1,55	-2,28	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,45	0,79	-8,16	0,00	-1,07
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,03	8,03	0,00	0,43
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,62	0,00	0,78
N80P80K40 (x_4)	0,39	0,38	2,00	0,32	0,05
$У_2 = -3,53 – 6,45x_1 + 0,22x_2 +0,04\ x_3 +0,39\ x_4$ (N80P80K40) ± 1,98%					
свободный член	-3,54	1,55	-2,29	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,45	0,79	-8,17	0,00	-1,07
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,03	8,03	0,00	0,43
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,62	0,00	0,78
N80P40K20 (x_4)	0,48	0,39	2,24	0,02	0,06
$У_3 = -3,54 – 6,45x_1 + 0,22x_2 +0,04\ x_3 +0,48\ x_4$ (N80P40K20) ± 1,97%					
свободный член	-3,55	1,54	-2,30	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,45	0,79	-8,17	0,00	
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,01	10,61	0,00	
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,63	0,00	
N80P260K120 (x_4)	0,56	0,39	2,46	0,01	
$У_4 = -3,55 – 6,45x1 + 0,22x_2 +0,04\ x_3 +0,56\ x_4$ (N80P260K120) ± 1,97%					
свободный член	-3,42	1,54	-2,22	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,45	0,79	-8,18	0,00	-1,07
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,03	8,06	0,00	0,43
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,63	0,00	0,78
P40K20 (x_4)	-0,70	0,39	-2,81	0,04	-0,08
$У_5 = -3,42 – 6,45x_1 + 0,22x_2 +0,04x_3 -0,70\ x_4$ (P40K20) ± 1,97%					
свободный член	-3,48	1,55	-2,24	0,00	-
гидротермический коэффициент, (x_1)	-6,45	0,79	-8,14	0,00	
продолжительность периода, дни (x_2)	0,22	0,03	8,01	0,00	
сумма запасов продуктивной влаги к севу и осадков за период посев-колошение, мм (x_3)	0,04	0,01	5,60	0,00	
N40P80K20 (x_4)	-0,10	0,39	-2,26	0,80	
$У_6 = -3,48 – 6,45x_1 + 0,22x_2 +0,04x_3 -0,10\ x_4$ (N40P80K20) ± 1,98%					

на белок в первом периоде вегетации твердой пшеницы погодных факторов (гидротермического коэффициента, запасов продуктивной влаги к севу), продолжительности первого периода вегетации и различных минеральных удобрений, видно, что при данном сочетании включенных в уравнение факторов, наибольший отрицательный вклад в дисперсию белка вносит гидротермический коэффициент (коэффициент частной регрессии ß = – 0,39), а продолжительность первого периода вегетации посев – колошение и запасы продуктивной влаги к севу способствуют росту белка (ß=0,51 и 0,28 соответственно), менее тесная связь белка наблюдается с минеральными удобрениями, положительная связь (ß=0,01–0,07) обнаружена в вариантах с азотом и фосфором (N40P40), с азотом и калием (N40K20), различными дозами полного минерального удобрения N40P40K20, N80P80K40, N80P40K20, N80P260K140. Из них наибольшее влияние на формирование белка оказывают минеральные удобрения с двойной дозой азота N80P80K40, N80P40K20 и N80P260K140. С вероятностью 60% можно утверждать, что в первый период вегетации (посев-колошение) уменьшение гидротермического коэффициента на 1 ед. и увеличение продолжительности первого периода вегетации на 1 день, запасов продуктивной влаги к севу на 1 мм приводит к повышению содержания белка на 2,34; 0,27; 0,04% соответственно, а каждый кг д.в. На 1 гаудобрений N80P80K40, N80P40K20 и N80P260K140 совместно с данными факторами способны увеличить содержание белка яровой твердой пшеницы на 0.38; 0,47; 0,56% соответственно.

Отрицательный знак у коэффициентов частной регрессии (ß = – 0,11 – (-0.01) свидетельствует о том, что удобрения без азота (P40K20), двойной дозой фосфора (N40P80K20), а также контроль сдерживают рост белка на 0,70; 0,11 и 0,92% соответственно, особенно это наблюдается во влажные годы.

Таким образом, на всех вариантах с внесением удобрений вероятность получения высококлассного зерна по содержанию белка была выше.

Наиболее эффективными оказались варианты с двойной дозой азота N80P80K40, N80P40K20 и N80P260K140, которые обеспечили формирование первоклассного зерна в 81–87% лет. Менее эффективен вариант без азота на фоне парных сочетаний фосфора и калия P40K20 (52% лет).

На эффективность минеральных удобрений оказывают влияние погодные условия периода вегетации яровой твердой пшеницы. Наиболее эффективны удобрения в засушливые (ГТК=0,6-0,8 ед.) и незначительно засушливые годы (ГТК=0,8–1,0 ед.), наблюдалась наибольшая вероятность (96–97% случаев) формирования белка 1–2 классов. Наименее эффективны удобрения во влажные годы (ГТК>1,0), вероятность получения высокобелкового зерна наименьшая -46% случаев.

Согласно полученным регрессионным уравнениям, теоретический белок 1 класса (13,5% и более) формируется при ГТК периода вегетации (посев-полная спелость) в пределах 0,17–0,98 ед. Уменьшение ГТК до 0,08 ед. или увеличение до 1,34 ед. приводит к снижению белка до 12,97 и 10,60% соответственно.

25.11.2015

Список литературы:

1.Минеев В.Г., Павлов А.Н. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы. М.: Колос, 1981. 288 с.
2.Бараев А.И., Бакаев Н.М., Веденеева М.Л. и др. Яровая пшеница. М.: Колос, 1978. 430 с.
3.Голик В.С. Селекция Triticum Durum Desf. Харьков, 1996. 387 с.
4. Васильчук, Н.С. Селекция яровой пшеницы. Саратов, 2001. 119 с.
5.Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научное обоснование зон оптимального размещения производства и глубокой переработки высококачественного зерна яровой пшеницы в степи Южного Урала. Оренбург, 2012. 222 с.
6. Павлов, А.Н. Внешние условия и внутренние факторы, определяющие содержание белка в зерне пшеницы /Научные труды ВАСХНИЛ «Проблемы белка в сельском хозяйстве». М.: Колос, 1975. С.167-173.
7.Дороганевская Е.А. Зависимость белковости зерна пшеницы от некоторых климатических факторов. М., 1971. 40 с.
8.Дегтярева, Г.В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 216 с.
9.Строганова М.А. Математическое моделирование формирования качества урожая. Л.:Гидрометеоиздат, 1986, 148 с.
10.Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Влияние минеральных удобрений на содержание белка в зерне яровой твердой пшеницы и его сбор в центре Оренбургского Предуралья. М., Зерновое хозяйство России, 2012. №6. С. 47-49.
11. Крючков А.Г., Тейхриб П.П., Попов А.Н. Твердая пшеница (Современные технологии возделывания). Оренбург: ООО “ Оренбургское книжное издательство”, 2008. 704 с.
12. Суднов, П.Е. Агротехнические приемы повышения качества пшеницы. М.: Колос, 1965. 191 с.

13. Толстоусов В.П. Удобрения и качество урожая. М., Колос, 1974. 261 с.
14. Коданев И.М. Повышение качества зерна. М., Колос, 1976. 304 с.
15. Чуб М.П. Влияние удобрений на качество зерна яровой пшеницы. М.: Россельхозиздат, 1980. 68 с.
16. Андреева В.М. Урожай и качество зерна твердой яровой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений /Труды Оренбургской обл. гос. с.-х. станции: сб. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1972. Вып. №3.
17. Иоаниди И.П. Твердые и сильные пшеницы на Южном Урале. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1982. 144 с.
18. Ряховский А.В., Батурин И.А., Березнев А.П. Агрономическая химия в приложении к условиям степных районов Российской Федерации. Оренбург, 2004. С. 283.
19. Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научно-обоснованные параметры моделей погодных условий и агротехнических приемов возделывания для формирования высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в условиях Оренбургской области. Оренбург: ООО «Агенство «Пресса», 2013 г. 104 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
21. Селянинов Г.Т. Агроклиматическая карта мира. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 11 с.
22. Сандакова Г.Н., Елисеев В.И. Оценка агрометеорологических факторов с помощью методов математического моделирования для формирования урожая яровой твердой пшеницы в условиях степной зоны Оренбургской области // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал), 2015. №4. С.1-11.
23. ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.

Сведения об авторах:
Сандакова Галина Николаевна, ведущий научный сотрудник
Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства, кандидат технических наук
4600051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 71-04-88, e-mail: orniish@mail.ru

Елисеев Виктор Иванович, ведущий научный сотрудник
Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства,
кандидат сельскохозяйственных наук
4600051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 71-04-88, e-mail: orniish@mail.ru

Статья публикуется за счет средств гранта Правительства Оренбургской области